

Abhandlungen
der
Königlichen
Akademie der Wissenschaften
zu Berlin.



Abhandlungen

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus dem Jahre
1826.

Nebst der Geschichte der Akademie in diesem Zeitraum.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie
der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.



Inhalt.

Historische Einleitung	Seite	I
Verzeichniß der Mitglieder und Correspondenten der Akademie	-	V

Abhandlungen.

Physikalische Klasse.

HERBSTÄDT: Versuche und Beobachtungen über den Einfluß der Düngungsmittel auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten... Seite	1
Derselbe: Versuche und Beobachtungen über die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls	- 21
KARSTEN über die Veränderungen, welche die Festigkeit des Eisens durch geringe Beimischungen erleidet	- 29
✓ LICHTENSTEIN: Die Werke von Maregrave und Piso über die Naturgeschichte Brasilens, erläutert aus den Original-Abbildungen	- 49
✓ LINK über die ältere Geschichte der Getreidearten	- 67
RUDOLPHI über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen ...	- 83
✓ WEISS: Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks	- 93
✓ ALEXANDER v. HUMBOLDT: Bericht über die Naturhistorischen Reisen der Herren Ehrenberg und Hemprich	- 111

Mathematische Klasse.

✓ ✓ BESSEL: Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels	Seite	1
✓ ENCKE über die Bahn der Vesta	-	257
✓ DIRKSEN über die Bedingungen des Gleichgewichts eines freien materiellen Punktes	-	271

Philosophische Klasse.

SCHLEIERMACHER über den Begriff des Erlaubten	Seite	1
---	-------	---

Historisch-philologische Klasse.

IDELEK über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien	Seite 1
BUTTMANN über die Entstehung der Sternbilder auf der griechischen Sphäre	- 19
BOPP: Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen	- 65
RITTER über geographische Stellung und horizontale Ausbreitung der Erdtheile ..	- 103
BEKKER: Der Roman vom Fierabras, Provenzalisch	- 129



J a h r 1826.

Am 24. Januar hielt die Königliche Akademie der Wissenschaften eine öffentliche Sitzung zur Feier des Jahrestages Friedrich's des Zweiten. Nachdem der Sekretar der philosophischen Klasse, Herr Schleiermacher, dieselbe eröffnet hatte, las Herr Uhden über ein in der hiesigen Königlichen Sammlung befindliches antikes Musiv-Gemälde, und Herr Schleiermacher über Platon's Ansicht von der Ausübung der Heilkunst.

Die öffentliche Sitzung am 3. Julius, dem Leibnitzischen Jahrestage, eröffnete Herr Encke, der Sekretar der mathematischen Klasse. Er las eine Gedächtnisrede auf den verstorbenen Sekretar seiner Klasse, Herrn Tralles, und machte bekannt, daß seit einem Jahr zu Correspondenten der Akademie erwählt seien: die Herren Ehrenberg, von Olfers, Marcel de Serres zu Montpellier, und Savigny zu Paris in der physikalischen Klasse; die Herren Bohnenberger zu Tübingen, Carlini zu Mailand, Baron de Fourier zu Paris, Ivory zu Edinburgh und Schumacher zu Altona in der mathematischen Klasse, und die Herren Gesenius zu Halle und Grimm zu Cassel in der historisch-philologischen.

Hierauf las der Sekretar der historisch-philologischen Klasse, Herr Buttman, den Bericht der Klasse über die Beantwortung der von ihr aufgegebenen Preisfrage:

„*Das Wesen und die Bildung des etrusischen Volks aus den Quellen kritisch zu erörtern und darzustellen.*“

Die eingegangene einzige Beantwortung derselben ward des Preises würdig erkannt. Bei Eröffnung des Zettels fand sich als Verfasser angegeben: Herr C. O. Müller, Correspondent der Akademie, Professor zu Göttingen.

Der Sekretar der physikalischen Klasse, Herr Erman, las den Bericht der Klasse über die eingegangenen Preisschriften mit Bezug auf die Aufgabe des Ellertschen Legats:

„*Giebt es eine Bastarderzeugung im Pflanzenreiche?*“

Es waren drei Beantwortungen eingegangen. Zwei derselben erfüllten nicht die Erwartungen der Klasse. Die dritte ward des Preises für würdig erklärt. Bei Eröffnung des Zettels fand sich als Verfasser angegeben: Herr A. F. Wiegmann, privatisirender Apotheker in Braunschweig.

Die andern beiden Zettel wurden uneröffnet verbrannt.

Herr Wilhelm von Humboldt las hierauf die zweite Abtheilung seiner Abhandlung über die *Bhágavad-Gítá*, wovon der erste Theil in der vorjährigen Leibnitzischen Sitzung vorgetragen war.

Als neue Preisaufgabe ward von der historisch-philologischen Klasse folgende aufgestellt:

„*Eine, neben der Benutzung der Geschichtschreiber und Geographen, besonders auf Sprach-, Kunst- und andere historische Denkmale gegründete Musterung der jetzt lebenden europäischen Gebirgsvölker, von der obern Wolga, Düna, Dnepr an, zwischen dem Schwarzen und dem Baltischen Meere gegen Südwest bis zum Adriatischen, und*

von diesem längs des nördlichen Po-Ufers zu den Ostufem der mittlern Rhone, Saone und des mittlern Rheins, zum Behuf einer Grundlage der Ethnographie und Sprachenkarte von Europa."

Der Einsendungstermin ist der 31. März 1830. Die Ertheilung des Preises von 50 Dukaten geschieht in der öffentlichen Sitzung am Jahrtage von Leibnitz, den 3. Julius desselben Jahres.

Am 3. August hielt die Königliche Akademie der Wissenschaften zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Königs eine öffentliche Sitzung, welche von dem Sekretar der philosophischen Klasse, Herrn Schleiermacher, eröffnet wurde, und in welcher Herr Encke über die Bahn der Vesta, und Herr Rudolphi über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen las.

Im April dieses Jahres kehrte Hr. Doctor Ehrenberg, nach einer sechsjährigen Abwesenheit von seiner, mit Unterstützung der Akademie nach dem Orient unternommenen Reise zurück; leider allein, da sein Gefährte, Hr. Doctor Hemprich, als Opfer des ruhmwürdigen Unternehmens fallend, zu Massaua in Abessinien den Tod gefunden hatte. Die wissenschaftlichen Resultate der Reise stellten sich als so bedeutend dar, daß die Akademie beschloß, eine Commission zu ihrer genaueren Untersuchung zu beauftragen, in deren Namen Hr. A. von Humboldt am 16. November einen ausführlichen Bericht erstattete, der hinter den physikalischen Abhandlungen dieses Bandes S. 111. eingeschaltet ist.

Die Akademie kaufte im Jahr 1826 von Herrn Mädler hieselbst für den Preis von 100 Thalern dessen handschriftliche Zu-

sammenstellung der seit 100 Jahren in Berlin gemachten meteorologischen Beobachtungen.

Die von der Akademie genehmigte Herausgabe der Besselschen Himmelskarten (s. den vorigen Jahrgang) ist in diesem Jahre vollends eingeleitet worden, worüber, so bald sie zur Reife gediehen ist, weitere Auskunft gegeben werden wird.

Zur Fortsetzung der auf Ausarbeitung eines Deutschen Wörterbuches abzweckenden Reise des Herrn Professor Graff in Königsberg hat die Akademie eine Unterstützung von 500 Thalern, und zu einer auf die Herausgabe des indischen Gedichts *Maha-Bharata* sich beziehenden Reise ihres Mitgliedes Herrn Bopp nach London 300 Thaler bewilligt.

Herr Schleiermacher legte seine Stelle als Sekretar der philosophischen Klasse nieder, und später Herr Buttman die seinige als Sekretar der historisch-philologischen. Dies hat in der Geschäftsführung beider Klassen einen interimistischen Zustand zur Folge gehabt, welcher noch am Ende des Jahres fort dauerte.

Die Akademie hat Herrn Dr. Poggendorff die Erlaubnifs ertheilt, seine auf ihre Kosten angestellten meteorologischen Beobachtungen in seinen Annalen der Chemie und Physik bekannt zu machen.

Verzeichnifs

der Mitglieder und Correspondenten der Akademie.

D e e m b e r 1 8 2 6.



I. Ordentliche Mitglieder.

Physikalische Klasse.

- | | |
|--|--|
| <p>Herr <i>Hufeland</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Alexander v. Humboldt</i>. - <i>Hernbstädt</i>. - <i>v. Buch</i>. - <i>Erman</i>, Sekretar der Klasse - <i>Rudolphi</i>. | <p>Herr <i>Lichtenstein</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Weifs</i>. - <i>Link</i>, auch Mitglied der philosoph. Klasse - <i>Seebeck</i>. - <i>Mitscherlich</i>. - <i>Karsten</i>. |
|--|--|

Mathematische Klasse.

- | | |
|---|---|
| <p>Herr <i>Grüson</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Eytelwein</i>. - <i>Fischer</i>, auch Mitglied der physikal. Klasse. - <i>Oltmanns</i>. | <p>Herr <i>Eucke</i>, Sekretar der Klasse</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Dirksen</i>. - <i>Poselger</i>. |
|---|---|

Philosophische Klasse.

- | | |
|--|---|
| <p>Herr <i>Ancillon</i>, auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Schleiermacher</i>, interimist. Sekretar d. Kl.,
auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl. | <p>Herr <i>v. Savigny</i>, auch Mitglied d. hist.-philolog. Kl.</p> |
|--|---|

Historisch-philologische Klasse.

- | | |
|--|---|
| <p>Herr <i>Hirt</i>, Veteran.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Buttmann</i>. - <i>Wilhelm v. Humboldt</i>. - <i>Uhlen</i>. - <i>Schleiermacher</i>, provisorischer Sekr. d. Kl. - <i>Niebuhr</i>, auch Mitglied der philosoph. Klasse. - <i>Ideler</i>. | <p>Herr <i>Boeckh</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bekker</i>. - <i>Süvern</i>. - <i>Wilken</i>. - <i>Ritter</i>. - <i>Bopp</i>. |
|--|---|

II. Auswärtige Mitglieder.

Physikalische Klasse.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| Herr <i>Berzelius</i> in Stockholm. | Herr <i>Jussieu</i> in Paris. |
| - <i>Blumenbach</i> in Göttingen. | - <i>Scarpa</i> in Pavia. |
| - <i>Cuvier</i> in Paris. | - <i>Sömmerring</i> in Frankfurt am Main. |
| Sir <i>Humphry Davy</i> in London. | - <i>Folta</i> in Como. |

Mathematische Klasse.

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Herr <i>Bessel</i> in Königsberg. | Herr Graf <i>la Place</i> in Paris. |
| - <i>Gauß</i> in Göttingen. | |

Philosophische Klasse.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Herr <i>v. Göthe</i> in Weimar. | Herr <i>Stewart</i> in Edinburgh. |
|---------------------------------|-----------------------------------|

Historisch-philologische Klasse.

- | | |
|---|--|
| Herr <i>Gottfried Hermann</i> in Leipzig. | Herr <i>A. W. v. Schlegel</i> in Bonn. |
| - <i>Silvestre de Sacy</i> in Paris. | |

III. Ehren-Mitglieder.

- | | |
|--|---|
| Herr <i>C. F. S. Freih. Stein vom Altenstein</i>
in Berlin. | Herr <i>Lhuillier</i> in Genf. |
| - Graf <i>Daru</i> in Paris. | - <i>v. Loder</i> in Moskau. |
| - <i>Imbert Delonnes</i> in Paris. | - Gen. Lieut. Freih. <i>v. Minutoli</i> in
Neufchatel. |
| - <i>Dodwell</i> in London. | - Gen. Lieut. Freih. <i>v. Müffling</i> in
Berlin. |
| - <i>Ferguson</i> in Edinburgh. | - <i>Prevost</i> in Genf. |
| Sir <i>William Gell</i> in London. | - <i>Fr. Stromeyer</i> in Göttingen. |
| Herr <i>William Hamilton</i> in Neapel. | - <i>Thaer</i> in Mögeln. |
| - Graf <i>v. Hoffmannsegg</i> in Dresden. | - <i>v. Zach</i> in Genua. |
| - Colonel <i>Leake</i> in London. | |

IV. Correspondenten.

Für die physikalische Klasse.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| Herr <i>Accum</i> in Berlin. | Herr <i>von Moll</i> in München. |
| - <i>Autenrieth</i> in Tübingen. | - <i>van Mons</i> in Brüssel. |
| - <i>Balbis</i> in Lyon. | - <i>Nitzsch</i> in Halle. |
| - <i>Biot</i> in Paris. | - <i>Oersted</i> in Kopenhagen. |
| - <i>Brera</i> in Padua. | - <i>v. Offers</i> in Berlin. |
| - <i>Rob. Brown</i> in London. | - <i>Pfaff</i> in Kiel. |
| - <i>Callani</i> in Padua. | - <i>J. C. Savigny</i> in Paris. |
| - <i>Chladni</i> in Kemberg. | - <i>Schrader</i> in Göttingen. |
| - <i>Configliacchi</i> in Pavia. | - <i>Marcel de Serres</i> in Montpellier. |
| - <i>Des Fontaines</i> in Paris. | - <i>C. Sprengel</i> in Halle. |
| - <i>Ehrenberg</i> in Berlin. | - <i>v. Stephan</i> in Petersburg. |
| - <i>Florman</i> in Lund. | - <i>Tenore</i> in Neapel. |
| - <i>Gay-Lussac</i> in Paris. | - <i>Thenard</i> in Paris. |
| - <i>Hausmann</i> in Göttingen. | - <i>Tiedemann</i> in Heidelberg. |
| - <i>Hellwig</i> in Braunschweig. | - <i>Tilesius</i> in Mühlhausen. |
| - <i>Jameson</i> in Edinburgh. | - <i>Treviranus</i> d. ält. in Bremen. |
| - <i>Kielmeyer</i> in Stuttgart. | - <i>Trommsdorf</i> in Erfurt. |
| - <i>Kunth</i> in Paris. | - <i>Fauquelin</i> in Paris. |
| - <i>Larrey</i> in Paris. | - <i>Wahlenberg</i> in Upsala. |
| - <i>Latreille</i> in Paris. | - <i>Wiedemann</i> in Kiel. |
| - <i>Mohs</i> in Freiberg. | |

Für die mathematische Klasse.

- | | |
|--|--------------------------------|
| Herr <i>v. Bohnenberger</i> in Tübingen. | Herr <i>Olbers</i> in Bremen. |
| - <i>Bürg</i> in Wien. | - <i>Oriani</i> in Mailand. |
| - <i>Carlini</i> in Mailand. | - <i>Poisson</i> in Paris. |
| - <i>de Fourier</i> in Paris. | - <i>de Prony</i> in Paris. |
| - <i>Ivory</i> in Edinburgh. | - <i>Schumacher</i> in Altona. |
| - <i>Legendre</i> in Paris. | - <i>Woltmann</i> in Hamburg. |

Für die philosophische Klasse.

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Herr <i>Bouterwek</i> in Göttingen. | Herr <i>Fries</i> in Jena. |
| - <i>Degerando</i> in Paris. | - <i>Ridolfi</i> in Padua. |
| - <i>Delbrück</i> in Bonn. | |

Gedächtnisrede

auf

JOHANN GEORG TRALLES.



[In der öffentlichen Sitzung vom 3. Julius 1826 von Hrn. Encke gelesen.]

Johann Georg Tralles wurde am 15^{ten} Oktober 1763 zu Hamburg geboren. Weder der Stand noch die Vermögensumstände seiner Eltern, sie nährten sich von ihrer Händearbeit, ließen die wichtigen und ehrenvollen Beförderungen, zu denen Tralles gelangt ist, hoffen. Was er der Welt und der Wissenschaft geworden, verdankt er allein der Schärfe seines Verstandes und dem innern festen Sinne für das Rechte und Wahre, dem er sein ganzes Leben hindurch, nicht ohne manches Opfer und dem schmerzlichen Gefühl hin und wieder sein Streben verkaunt zu sehen, unverbrüchlich treu geblieben ist.

In der öffentlichen Schule, die er zuerst besuchte, hatte er nicht das Glück einen Lehrer zu finden, der seine Talente zu würdigen verstand. Glücklicherweise zogen die scharfsinnigen und bestimmten Antworten des Knaben in den öffentlichen Prüfungen die Aufmerksamkeit eines der prüfenden Vorsteher in so hohem Grade auf sich, daß dieser würdige Mann, Prediger Schumacher, nicht eher ruhte als bis er durch seine wissenschaftlichen Freunde Mittel gefunden, den jungen Tralles in eine freiere und für seine Ausbildungen vortheilhaftere Lage zu versetzen. Die freie Reichsstadt Hamburg erfreute sich damals eines Vereins von Männern, die theils durch eigene Arbeiten ihren Namen auf die Nachwelt gebracht, vielleicht indessen mehr noch der Wissenschaft wahre Dienste dadurch geleistet, daß sie mit ächter Menschenkenntniß, Talente, die unter dem Drucke der Umstände zu erliegen drohten, hervorzuziehen verstanden, und die Opfer, die solche Bestrebungen an Zeit und Kräften immer erfordern, ohne Prunk und Anspruch auf äußeren Schein brachten. Die dankbare Erinnerung an dieses Verdienst

um seine Entwicklung, hat Tralles bis an das Ende seines Lebens beständig erhalten, und den Familien seiner Wohlthäter auch auf der letzten Reise durch seine Vaterstadt diese Anerkennung unverholen bewiesen.

Wie schnell das Talent von Tralles unter dieser Pflege aufgeblüht ist, zeigt sich am deutlichsten daraus, daß nachdem er kaum ein Jahr in Göttingen sich ganz dem mathematischen Studium hingeeben, der damals so sehr berühmte Kästner auf eine Anfrage von Bern aus, keinen würdigeren zu der Stelle eines Professors der Mathematik vorzuschlagen wußte als eben ihn. Aber selbst die Aussicht, auf diese Weise schneller als zu erwarten war frei von Verbindlichkeiten zu werden, die für das höher strebende Gemüth des Jünglings immer etwas Beängstigendes haben, konnte Tralles nicht von dem Wege ablenken, den er als den wahren erkannt, und er nahm diesen so günstigen Ruf nur unter der Bedingung an, daß es ihm erlaubt sei noch längere Zeit sich darauf vorzubereiten. Dann erst nach zwei Jahren als er die innere Überzeugung seiner Tüchtigkeit hatte, ging er im Jahre 1785 nach Bern.

Wie er in diesem neuen Wirkungskreise thätig gewesen, liegt außer den Grenzen dieser Worte. Daß er seine Stellung, wenn sie auch vielleicht weniger seinem Genie zugesagt, mit kräftigem Geiste aufgefaßt, beweist seine Herausgabe eines Lehrbuchs der Mathematik, im Jahre 1788, zu einer Zeit, wo in Deutschland besonders an solchen Lehrbüchern ein empfindlicher Mangel war. Aber wie er schon vorher in Göttingen durch die Herausgabe eines vortrefflichen physikalischen Taschenbuchs (1785) gezeigt, daß er das Große der Wissenschaft zu umfassen vermöge, so fuhr er auch hier fort, nicht bloß auf die Pflichten seines Amtes sich zu beschränken. Seine Bestimmung der Höhen der bekannteren Berge von Bern im Jahre 1790, trug zur Erweiterung der geodätischen Kenntnisse so beträchtlich bei, und beurkundete zugleich den denkenden Kopf und umsichtigen Beobachter so ausgezeichnet, daß er die Ehre hatte, zu der Versammlung der Naturforscher berufen zu werden, die in jener Zeit in Paris veranstaltet wurde, um durch alle Verfeinerungen der neueren Chemie, Physik und Mathematik, die Einheit des Längenmaaßes und des Gewichtes so festzustellen, daß sie nie wieder verloren gehen könne. Die Resultate, die man hieraus gefunden, sind zu bekannt, als daß sie hier erwähnt zu werden brauchten; den Antheil, den jeder Anwesende daran gehabt, zu bestimmen, liegt vielleicht außer der Möglichkeit menschlicher Einsicht, daß aber Tralles unter

die gehörte, die auf Form und Genauigkeit hauptsächlich Einfluß gehabt, kann dem wohl nicht entgehen, der den Gang der Entwicklung dieses Zweiges der Mathematik aufmerksam verfolgt.

Auch nach seiner Rückkehr zog diese Anwendung der Mathematik Tralles hauptsächlich an, und wir verdanken ihm die genaue Aufnahme eines Theiles der Schweiz, die, ohne seinen Namen zu nennen, bei den specielleren Charten derselben benutzt ist. Eben diese Beschäftigungen in dem Fürstenthum Neuchâtel, setzten ihm in unmittelbare Berührung mit dem Preussischen Staate, und veranlaßten im Jahre 1804 seine Berufung in unseren Akademischen Verein.

Von dieser Zeit an hat Tralles seine Kräfte einzig und ungetrennt dem Preussischen Staate und der Wissenschaft gewidmet, und als Geschäftsmann, Lehrer und Schriftsteller, seine Kenntnisse und Erfahrungen auf die mannigfachste Weise in Anwendung gebracht. Es dürfte hier nicht der Ort sein von dem zu reden, was er als Mitglied mehrerer der wichtigsten Behörden unseres Staates gethan und geschaffen. Seine Verdienste müssen bei den Augenzeugen seiner Thätigkeit in zu frischem Andenken sein, als dafs es nicht überflüssig wäre ihrer weitläufiger zu erwähnen, und überdem ist diese Thätigkeit nicht gerade die, welche in einzelnen hervorragenden Merkmalen sich so äußert, dafs sie in jedem speciellen Falle sich in Worten darstellen liefse.

In wissenschaftlicher Hinsicht hat Tralles sowohl in der reinen Mathematik im weitesten Umfange des Wortes, als auch in der angewandten, besonders unsere Akademischen Denkschriften mit einer Reihe der trefflichsten Abhandlungen bereichert.

Wenn es überhaupt schwer ist, und nur dem Meister gelingt, von so abstrakten Gegenständen wie die höhere Analyse darbietet, in wenigen Worten den eigentlichen Geist herauszuheben, so kann man ohne dem Werth der Arbeiten von Tralles im mindesten zu nahe zu treten, wohl aussprechen, dafs die ihm eigenthümliche Behandlungsart diese Darstellung noch erschwert. Sein Genie führt ihn in diesem Theile der Wissenschaft mehr zu einer neuen Ansicht und Entwicklung der Begriffe hin, so dafs nicht der Gegenstand der meisten derselben den eigentlichen hohen Werth ausmacht, als vielmehr der durch das Ganze durchgeführte Gang, und man sich sehr irren würde, wenn man aus dem angegebenen Inhalte ihre Wichtigkeit beurtheilen wollte.

Eben deshalb kann man sie recht eigentlich Akademische Abhandlungen nennen, wenn man unter diesem Begriffe solche Arbeiten versteht, die zum Selbstdenken auffordern, in denen für den wirklichen Forscher der Stoff zu neuen Ansichten und Entwicklungen liegt, durch das Beispiel, wie ein scharfsinniger Kopf auch bekanntere Gegenstände von einer neuen und bisher unbeachteten Seite aufzufassen weifs. Hicher gehören vorzüglich die Abhandlungen *über die Winkelfunktionen aus rein analytischem Gesichtspunkte*, so wie die *analytische Betrachtung ebener und sphärischer Dreiecke und deren Analogie*. In Verbindung mit der ersteren steht die *Ableitung der Summen einiger Reihen* in dem Bande für 1814 und 1815. So wie überhaupt die Lehre von den Reihen durch die Abhandlungen *von den Werthen der Producte zu bestimmten Summen der Zeigezahlen ihrer Factoren* und *von den Reihen, deren Coefficient nach den Sinus und Cosinus vielfacher Winkel* fortschreiten, mehrere wichtige Ansichten und Erweiterungen erhalten hat.

So wie alle den Vorzug der gründlichen und originellen Behandlung theilen, so hat die Abhandlung von den wiederholten Funktionen aufserdem noch das Verdienst, eine neue Classe von Funktionen in die Analysis eingeführt zu haben, die durch einige englische Analytisten neuerdings wieder aufgenommen ist. Tralles Abhandlung geniefst des Vorzugs, den allgemeinsten Gesichtspunkt genommen zu haben, und eben deswegen eine sehr grofse Reichhaltigkeit in sich zu schliesen.

Es kann hier nicht die Absicht sein, alle in dieses Fach einschlagende Untersuchungen aufzuführen. Das aber verdient wohl hervorgehoben zu werden, dafs in Allen ein gemeinsamer Zusammenhang herrscht, der, wenn er auch nicht immer in bestimmten Citaten nachgewiesen werden kann, doch, wenn man sie gemeinschaftlich übersieht, deutlich gefühlt wird. Und dieser Zusammenhang mußte statt finden bei einem Manne von Tralles hervorstechender mathematischen Kraft, der in jedem Theile der Mathematik bekannt und zu Hause, nie ungewifs sein konnte, wo die eigentliche Stärke oder Schwäche des bisher vorhandenen liege, sondern vielleicht nur die Verlegenheit des Reichthums kannte, welches Einzelne er aus dem Ganzen seiner Ideen zu jeder bestimmten Zeit herauszuheben habe.

Eben dieser Zusammenhang spricht sich auch in den Arbeiten von Tralles aus, die der angewandten Mathematik angehören, und fast möchte

man bedauern, daß seine Stellung ihm nicht erlaubte ungetheilt sich derselben zu widmen. Die Verbindung der gründlichen Theorie mit diesem hervorragenden praktischen Talente, würde unstreitig die schönsten Früchte getragen haben, und die Geschicklichkeit mit der Tralles auch bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen mehr und vollkommneres mit seinen schwächeren Instrumenten leistete, als manche Andere besser versahene und unterstützte, läßt außerdem noch auf eine Vorliebe von seiner Seite zu diesem Zweige der Mathematik schließen, die bei einem Manne von Tralles Selbstkenntniß, von vorzüglichem inneren Beruf dazu zeugt.

Mehrere auf einander folgende Abhandlungen haben die Aräometrie zum Gegenstande. In der ersten, welche *eine besondere Methode, die Ausdehnung der Körper durch die Wärme zu messen* betrifft, verdient ganz vorzüglich herausgehoben zu werden, die einfache und den ächten Stempel des Genies tragende Methode, einen in der Physik höchst wichtigen Punkt, den Punkt der größten Dichtigkeit des Wassers zu bestimmen. Die zweite *über die Senkwage*, oder auch die dreiarmlige Wage, wie Tralles sie nennt, giebt der Physik ein neues Mittel, mittelst hydrostatischer Grundsätze schnell und sicher Gewichtsbestimmungen zu machen. Vielleicht möchte auch die in derselben angedeutete Idee, mittelst ihrer einen Aufhängungspunkt für feinere Drehungen zu bilden, noch für andere Theile der Physik zu höherer Genauigkeit führen.

Der fortgesetzten Beschäftigung mit diesem Gegenstande so lange bis er sich selbst darin genügt hatte, verdankt Tralles das Glück auch auf die bürgerliche Geschäfte dauernden Einfluß erlangt zu haben, und in dem Munde derer fortzuleben, welche seine übrigen Verdienste vermöge der verschiedenen Richtung ihrer Thätigkeit, nicht zu erkennen vermögen.

Mit noch mehr Liebe, und man möchte sagen mit einer durch das ganze Leben durchgehenden Anhänglichkeit, umfaßte Tralles die geodätischen Messungen. Wenn man die rein analytischen und die aräometrischen Abhandlungen ausschließt, so haben alle übrigen, deren Zahl nicht gering ist, entweder unmittelbaren oder mittelbaren Zusammenhang mit diesem Theile der angewandten Mathematik, denn auch die thermometrischen Bestimmungen *über mittlere Wärme und Erwärmung der Erde von der Sonne* greifen hier ein. Nicht lange vor Tralles Eintritt in die Schweiz war man auf die Anomalien in der terrestrischen Refraction aufmerksam geworden,

die nicht wie bei einem regelmässigen Verhalten der Atmosphäre es sein sollte, der Grösse des terrestrischen Bogens proportional gesetzt werden kann. Der günstige Standpunkt in einem gebirgigen, weite Aussicht darbietenden Lande, veranlasste Tralles schon im Jahre 1790, unter dem Titel einer *Höhenbestimmung der Berge Berns*, eine kleine aber höchst gehaltvolle Schrift herauszugeben, in der sich aufser einer mit geringen Mitteln genau und sorgfältig ausgeführten Basismessung und der theoretischen Entwicklung der nöthigen Correctionen, die Grundlage zu einer späteren ausgedehnteren Arbeit über terrestrische Refraction befindet. In dieser zweiten Abhandlung *über atmosphärische Refraction der Lichtstrahlen irdischer Gegenstände*, entwickelt Tralles näher die einzelnen Bedingungen, und löst das früher gemeinsam umfasste in seine einzelnen Elemente auf. Er zeigt und belegt alles mit Erfahrungen, wie die Erhöhung des Standpunktes, die gröfsere oder geringere Nähe der Oberfläche der Erde längst der der Lichtstrahl hinget, die Tagesstunde, die barometrische thermo- und hygrometrische Beschaffenheit der Luft und die, man mögte sagen, Constitution des ganzen Tages eben so viele Änderungen hervorbringen, und indem sie von localen Umständen grosentheils abhängen, der reinen Theorie die gröfsten und kaum zu besiegenden Hindernisse in den Weg legen. Obgleich die am Ende ausgesprochene theoretische Entwicklung nicht gegeben ist, vielleicht auch nach unserem jetzigen Standpunkte nicht gegeben werden kann, so kann man als die Frucht seines Nachdenkens darüber, die *meteorologischen* Abhandlungen ansehen, und auf ähnliche Weise setzte er in der Abhandlung *über Aufgaben bei gröfsern trigonometrischen Messungen* das fort, was er in seiner Schrift von Bern aus zur Berechnung und Verbindung der Dreiecke angedeutet hatte. Es gebührt ihm hier das Verdienst, die Theorie zur Praxis frei von Künsteleien anwendbar gemacht, und den Fehler vermieden zu haben, in den andere Werke verfallen sind, welche aus Vorliebe für eine bestimmte Art der Entwicklung, diese bis zum Übermafs übertrieben. Besonders war Tralles, so viel mir bekannt, der erste, der auf den theoretischen, wenn auch in der Praxis nicht sehr merklichen Fehler aufmerksam gemacht hat, den man durch den Umweg der Meridian- und Perpendikelabstände begeht, und so wohl hier als in einer späteren Abhandlung über geodätische Bestimmungen, führte er das Problem auf die ursprünglich von der Erfahrung gegebenen Data zurück.

Endlich kann man auch seine letzte Reise, die ihn uns entrifs, als hervorgehend aus diesem, mit so inniger Liebe umfafsten Zweige, ansehen. Wie er schon früher in Auftrag der Akademie nach München wegen mehrerer Instrumente und nach Cuxhaven wegen der merkwürdigen Sonnenfinsternifs gereist war, über deren Eigenthümlichkeit er einen höchst belehrenden Aufsatz gegeben, so ging er auch im Jahre 1822 nach England zur Besorgung eines Pendelapparats. Die in dem vorigen Jahrhunderte so eifrig und besonders in Frankreich aufgefasste Idee durch Gradmessungen die Gestalt der Erde aus einzelnen gemessenen Bogen zu finden, hatte zu der Bemerkung geführt, dafs die vorkommenden Irregularitäten für diese Art der Bestimmung zu groß waren, um als ächte Grundlage eines festen Maafses dienen zu können. In neuern Zeiten hat man angefangen sich mehr zu den Pendelversuchen hinzuneigen, die bei ihrer kleinen Basis indessen, die höchste Genauigkeit, und bis jetzt meistens einen identischen an mehreren Orten in Anwendung gebrachten Apparat verlangen. Tralles kannte vollkommen die Schwierigkeiten, er glaubte deswegen nur dann den wahren wissenschaftlichen Zweck erreichen zu können, wenn er selbst mit seiner eigenen Kritik den nöthigen Apparat unter seinen Augen entstehen sähe. Im Juni 1822 reiste er ab, in der frohen Aussicht, seinen Wohnort in Verbindung mit dem bisher am sichersten bestimmten Punkte zu setzen. Es war ihm nicht vergönnt das Werk durchzuführen. Eine plötzliche Krankheit, die er nicht auf das entfernteste geahndet zu haben scheint, überraschte ihn in der vollen Thätigkeit. In der Nacht vom 18. und 19. Novbr. 1822 verschied er zu London fern von seinen nächsten Angehörigen, fern von Allen, mit denen er während achtzehn Jahre durch die engsten Bande der Achtung, Freundschaft und des gemeinsamen Berufes verbunden war.



Abhandlungen
der
physikalischen Klasse
der
Königlichen
Akademie der Wissenschaften
zu Berlin.

Aus dem Jahre
1826.

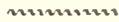
Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

I n h a l t.



HERMSTÄDT: Versuche und Beobachtungen über den Einfluss der Düngungsmittel auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten	Seite 1
Derselbe: Versuche und Beobachtungen über die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls	- 21
KARSTEN über die Veränderungen, welche die Festigkeit des Eisens durch geringe Beimischungen erleidet	- 29
LICHTENSTEIN: Die Werke von Maregrave und Piso über die Naturgeschichte Brasilens, erläutert aus den Original-Abbildungen	- 49
LINK über die ältere Geschichte der Getreidearten	- 67
RUDOLPHI über das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten Organismen	- 83
WEISS: Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks	- 93
ALEXANDER v. HUMBOLDT: Bericht über die Naturhistorischen Reisen der Herren Ehrenberg und Hemprich	- 111



Verbesserung.

Die Titelzeile und Columnentitel der Abhandlung Seite 67 bis 82, sind zu lesen:
über die ältere Geschichte der Getreidearten.



Versuche und Beobachtungen

über

den Einfluß der Düngungsmittel, auf die Erzeugung der nähern Bestandtheile der Getreidearten.

Zweite Abtheilung.

Von

H^{rn}. SIGISM. FRIEDR. HERMBSTÄDT.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 20. April 1826.]

In einer am 22. Julius 1824 vorgelesenen Abhandlung(*) habe ich die Resultate derjenigen Versuche mitgetheilt, welche über den Einfluß der verschiedenen Düngerarten auf die Erzeugung der näheren Bestandtheile des Weizens von mir angestellt worden sind.

Die gegenwärtige Vorlesung hat den Zweck, die Resultate meiner, auf völlig gleiche Weise und mit denselben Düngerarten, mit Roggen, mit Gerste und mit Hafer angestellten Arbeiten zu erörtern. Sie sind vollkommen geeignet, es zu begründen: dafs während die näheren Bestandtheile oder vielmehr Gemengtheile der Cerealien, in qualitativer Hinsicht, gleichsam durch sich selbst gegeben sind, solche in quantitativer Hinsicht sehr verschieden ausfallen können, wenn die Grundmischung der ihnen zur Ernährung und Ausbildung dargebotenen Düngungsmittel mehr in die vegetabilische oder in die animalische Natur übergeht: d. i. je mehr der Kohlenstoff oder der Stickstoff unter den bildenden chemischen Elementen derselben vorwaltet.

(*) Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, aus dem Jahre 1824. Berlin 1826. p. 57 ff.

Versuche mit Roggen.

Von den mannigfaltigen Arten und Varietäten des Roggens, welche die Landwirth zu unterscheiden pflegen (*), wurde der gemeine Winterroggen, und zwar der sogenannte Staudenroggen, zu meinen Versuchen gewählt.

Die Aussaat der zu meinen Versuchen bestimmten Körner geschah im freien Felde, auf besonders dazu abgetheilten Beeten, jedes von 100 Quadratfuß Flächenraum. Jedes einzelne Beet war mit 25 Pfund der früher beim Weizen gebrauchten Düngungsmittel, im trocknen Zustande berechnet, vorbereitet worden.

Die Beete wurden im Frühjahr umgegraben, und der Dünger gleichförmig untergebracht. Die Aussaat der Körner geschah im darauf folgenden Herbst, im Anfange des Octobers, und zwar in Reihen, 5 Zoll tief. Jedes einzelne Beet erhielt 16 Loth Körner. Nach der im folgenden Sommer darin gemachten Ernde, ergeben sich folgende Resultate.

Es wurden an ausgedroschnen Körnern gewonnen:

a) Von dem mit Schaafmist gedüngten Boden, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

b) Von dem mit Ziegenmist gedüngten Boden, $6\frac{1}{4}$ Pfund, also etwas weniger.

c) Von dem mit Pferdemit gedüngten Boden $5\frac{1}{2}$ Pfund, also das Eilfte Korn.

d) Von dem mit Kuhmist gedüngten Boden, $4\frac{1}{2}$ Pfund, also das Neunte Korn.

e) Von dem mit Menschenkoth gedüngten Boden, $6\frac{3}{4}$ Pfund, also etwas mehr als das Dreizehnte Korn.

(*) Zu den oben gedachten verschiedenen Arten und Varietäten rechne ich 1) den Staudenroggen (*Secale cereale multicaule*); 2) Den Astrachanschen Roggen; 3) den aus Archangel; 4) den aus der Wallachei; 5) den aus Taurien; 6) den aus Norwegen; 7) den Agyptischen; 8) das Sanct Peterskorn. Welche von jenen verschiedenen Sorten des Roggens als Arten, und welche als Varietäten anerkannt werden müssen? auch ob ein wesentlicher Unterschied zwischen Winterroggen und Sommerroggen begründet werden kann? verdient von Botanikern näher bestimmt zu werden.

f) Von dem mit Taubenmist gedüngten Boden, $4\frac{1}{2}$ Pfund, also das Neunte Korn.

g) Von dem mit Menschenharn gedüngten Boden, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

h) Von dem mit trockenem Rindsblut gedüngten Boden, 7 Pfund, also das Vierzehnte Korn.

i) Von dem mit Pflanzenerde gedüngten Boden, 3 Pfund, also das Sechste Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden, 2 Pfund, also das Vierte Korn.

Zur Ausmittlung der proportionalen Verhältnisse der nähern Bestand- oder Gemengtheile des aus jenen zehn Versuchen hervorgegangnen Roggens, wurde jede einzelne Sorte, nach der früher von mir angegebenen Methode (*) zergliedert. Jene Zergliederungen geben folgende Resultate.

1. 5000 Gewichtstheile des mit trockenem Rindsblut kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	504	Theile.
Hülsensubstanz	540	—
Kleber	600	—
Amylon.	2612	—
Öl	50	—
Eiweißstoff.	180	—
Schleimzucker	180	—
Gummiartigen Schleim	310	—
Sauren phosphorsauren Kalk	40	—
Verlust	4	—
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile des mit Menschenkoth kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsensubstanz	536	—

(*) Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1816 und 1817. Berlin, 1819. S. 39. u. s. w.

HERMBSTÄDT über den Einfluss der Düngungsmittel,

Kleber	598	—
Amylon	2620	—
Öl	45	—
Eiweißstoff	160	—
Schleimzucker	178	—
Gummiartigen Schleim	313	—
Sauren phosphorsauren Kalk	45	—
Verlust	5	—
	<hr/>	
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile des mit Schaafmist kultivirten Roggens haben geliefert :

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsubstanz	544	—
Kleber	598	—
Amylon	2616	—
Öl	54	—
Eiweißstoff	170	—
Schleimzucker	180	—
Gummiartigen Schleim	304	—
Sauren phosphorsauren Kalk	30	—
Verlust	4	—
	<hr/>	
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile des mit Ziegenmist kultivirten Roggens haben geliefert :

Natürliche Feuchtigkeit	501	Theile.
Hülsubstanz	544	—
Kleber	599	—
Amylon	2612	—
Öl	49	—
Eiweißstoff	172	—
Schleimzucker	174	—
Gummiartigen Schleim	300	—

Sauren phosphorsauren Kalk	43	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile des mit trockenem Menschenharn kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	505	Theile.
Hülsubstanz	540	—
Kleber	600	—
Amylon.	2510	—
Öl	54	—
Eiweißstoff	178	—
Schleimzucker	168	—
Gummiartigen Schleim	230	—
Sauren phosphorsauren Kalk	209	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile des mit Pferdemist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsubstanz	537	—
Kleber	599	—
Amylon.	2560	—
Öl	49	—
Eiweißstoff	140	—
Schleimzucker	200	—
Gummiartigen Schleim	230	—
Sauren phosphorsauren Kalk	179	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile des mit Taubenmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	504	Theile.
Hülsubstanz	525	—
Kleber	580	—

Amylon	2610	—
Öl	48	—
Eiweißstoff	185	—
Schleimzucker	188	—
Gummiartigen Schleim	238	—
Sauren phosphorsauren Kalk	118	—
Verlust	4	—
	<hr/>	
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile des mit Kuhmist kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülsubstanz	520	—
Kleber	540	—
Amylon	2715	—
Öl	45	—
Eiweißstoff	100	—
Schleimzucker	196	—
Gummiartigen Schleim	285	—
Sauren phosphorsauren Kalk	91	—
Verlust	8	—
	<hr/>	
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile des mit Pflanzenerde kultivirten Roggens haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	499	Theile.
Hülsubstanz	536	—
Kleber	440	—
Amylon	2756	—
Öl	45	—
Eiweißstoff	130	—
Schleimzucker	240	—
Gummiartigen Schleim	260	—
Sauren phosphorsauren Kalk	88	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile des im nicht gedüngten Boden kultivirten Roggens, haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	500	Theile.
Hülensubstanz	505	—
Kleber	430	—
Amylon	2814	—
Öl	45	—
Eiweißstoff	129	—
Schleinzucker	236	—
Gummiartigen Schleim	270	—
Sauren phosphorsauren Kalk	65	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

Aus den Resultaten dieser Untersuchungen gehet hervor, daß die nähern Bestandtheile oder Gemengtheile im Roggen, zwar dieselben sind wie im Weizen; rücksichtlich der proportionalen Verhältnisse derselben differiren dieselben aber, je nachdem der zur Kultur gebrauchte Dünger mehr der animalischen oder der vegetabilischen Grundmischung sich näherte: d. i. je nachdem der Stickstoff oder Kohlenstoff unter seinen chemischen Elementen vorwaltete.

Was hingegen die Beschaffenheit jener Gemengtheile betrifft, so weichen sie von denen aus dem Weizen geschiedenen, mehr oder weniger ab. Das Amylon ist weniger weiß, seine Farbe zieht sich mehr in die gelbe hin. Der Kleber ist weniger zähe; der Zucker ist gar nicht zum Erstarren geneigt. Der gummiartige Schleim nähert sich mehr der Pflanzengallerte als dem Gummi.

Bei meinen Analysen des Roggens sind, wie früher beim Weizen, die ganzen Körner, nicht das daraus bereitete Mehl, der Arbeit unterworfen worden; wie Letzteres Einhof und einige andere Chemiker gethan haben, die sich mit der Analyse des Roggens beschäftigten. Die Resultate ihrer Analysen müssen daher nothwendig von denen der meinigen bedeutend abweichen: weil in der Kleye, die nach der Absonderung des Mehls übrig bleibt, Materien zurück bleiben müssen, die der Analyse entgingen.

Scheidet man Kleber und Amylon aus dem Roggenmehl, selbst dem zartesten: so zeigt sich dennoch das Amylon stets verschieden von demjenigen, welches durch bloßes Auskneten der im Wasser erweichten Körner gewonnen worden ist. Das Letztere ist im siedenden Wasser vollkommen lösbar; das Erstere läßt eine faserige, nicht im Wasser lösbare, Substanz zurück.

Bei dem jetzt so großen Hange, neue Stoffe zu entdecken, würde man jener im heißen Wasser nicht löslichen Materie den Namen Secaline beilegen können. Sie ist aber durchaus kein eigenthümliches Wesen, sondern besteht bloß in Pflanzenfasern, die beim Mahlen des Roggens auf der Mühle, Seitens eines Theils der Hülse, mit in das Mehl übergegangen ist. Bei mehreren Analysen des Mehls habe ich sogar Kiesel darin gefunden, die ohnfehlbar von den Mühlsteinen abgerissen worden waren.

Versuche mit Gerste.

Die Gerste verdient wegen ihres vorzüglichen Gebrauches in der Bierbrauerei, so wie in der Brandtweinbrennerei, eine ganz besondere Beachtung. Ihr Genuß im enthülseten Zustande, in Form der Graupen, verdient nicht weniger beachtet zu werden.

Auch von dieser Getreideart werden mehrere Arten und Varietäten gebaut, wie z. B. 1. Die russische blaue Wintergerste (*Hordeum vulgare nigrum*). 2. Die türkische Pfauengerste (*Hordeum zeocriton*); eine Sommerfrucht. 3. Die gemeine Gerste (*Hordeum vulgare*); welche in die grofskörnige und in die kleinkörnige zerfällt. Beide Arten sind diejenigen welche am häufigsten kultivirt, und auch am häufigsten verarbeitet werden. 4. Die grofse zweizeilige nackte Himmelsgerste (*Hordeum distichion nudum*); eine Sommer- und Winterfrucht. 5. Die kleine nackte Himmelsgerste (*Hordeum nudum coeleste*); eine Sommerfrucht.

Zu meinen Untersuchungen wurde die gemeine kleinkörnige Gerste gewählt. Da es auch hier, wie bei dem Weizen und bei dem Roggen, der Zweck war, den Einfluss der verschiedenen Düngerarten auf die Produktion der nähern Bestandtheile kennen zu lernen: so wurde

der Anbau derselben mit den neun verschiedenen Düngerarten und in gleichen Massen derselben veranstaltet, die beim Weizen und beim Roggen gebraucht worden sind.

Von Sechzehn Loth Körner-Aussaat, welche jedes Beet erhalten hatte, wurde an Körnerertrag gewonnen:

a) Von der Düngung mit Schaafmist, 8 Pfund, also das Sechzehnte Korn.

b) Vom Ziegenmist, $7\frac{1}{2}$ Pfund, also das Funfzehnte Korn.

c) Vom Pferdemit, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

d) Vom Kuhmist, $5\frac{1}{2}$ Pfund, also das Eilfte Korn.

e) Vom Menschenkoth, $6\frac{1}{2}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

f) Vom Taubenmist, 5 Pfund, also das Zehnte Korn.

g) Vom trocknen Menschenharn, $6\frac{3}{4}$ Pfund, also mehr als das Dreizehnte Korn.

h) Vom trocknen Rindsblut, 8 Pfund, also das Sechzehnte Korn.

i) Von der Pflanzenerde, $3\frac{1}{2}$ Pfund, also das Siebente Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden, 2 Pfund, also das Vierte Korn.

Die mit jenen verschiedenen Düngerarten kultivirte Gerste hat bei der damit angestellten chemischen Zergliederung folgende Resultate dargeboten.

1. 5000 Gewichtstheile der mit trocknem Rindsblut kultivirten Gerste hat an näheren Bestandtheilen oder Gemengtheilen geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsubstanz	680	—
Kleber	286	—
Amylon	2997	—
Öl	20	—
Eiweißstoff	20	—
Schleimzucker	230	—
Gummiartigen Schleim	220	—
Sauren phosphorsauren Kalk	19	—
Verlust	8	—
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile der mit trockenem Menschenkoth kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülsubstanz	679	—
Kleber	290	—
Amylon	2980	—
Öl	25	—
Eiweißstoff	28	—
Schleimzucker	225	—
Gummiartigen Schleim	218	—
Sauren phosphorsauren Kalk	30	—
Verlust	7	—
	<hr/>	
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile der mit Schaafmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülsubstanz	678	—
Kleber	288	—
Amylon	2998	—
Öl	20	—
Eiweißstoff	20	—
Schleimzucker	232	—
Gummiartigen Schleim.	222	—
Sauren phosphorsauren Kalk	18	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile der mit Ziegenmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsubstanz	677	—
Kleber	288	—
Amylon	2996	—
Öl	22	—

Eiweißstoff	20	—
Schleimzucker.	230	—
Gummiartigen Schleim.	224	—
Sauren phosphorsauren Kalk	17	—
Verlust.	6	—
	<hr/>	
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile der mit trockenem Menschenharn kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	518	Theile.
Hülensubstanz	679	—
Kleber	295	—
Amylon	2979	—
Öl	20	—
Eiweißstoff	28	—
Schleimzucker	221	—
Gummiartigen Schleim.	220	—
Sauren phosphorsauren Kalk	34	—
Verlust.	6	—
	<hr/>	
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile der mit Pferdemit kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülensubstanz	678	—
Kleber.	285	—
Amylon	2988	—
Öl	22	—
Eiweißstoff	23	—
Schleimzucker	230	—
Gummiartigen Schleim.	226	—
Sauren phosphorsauren Kalk	22	—
Verlust	6	—
	<hr/>	
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile der mit Taubenmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	520	Theile.
Hülsubstanz	678	—
Kleber	283	—
Amylon	2990	—
Öl	23	—
Eiweißstoff	22	—
Schleimzucker	232	—
Gummiartigen Schleim	226	—
Sauren phosphorsauren Kalk	19	—
Verlust	7	—
	<hr/>	
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile der mit Kuhmist kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsubstanz	680	—
Kleber	166	—
Amylon	3097	—
Öl	15	—
Eiweißstoff	10	—
Schleimzucker	240	—
Gummiartigen Schleim	229	—
Sauren phosphorsauren Kalk	15	—
Verlust	8	—
	<hr/>	
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile der mit Pflanzenerde kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsubstanz	682	—
Kleber	146	—
Amylon	3112	—

Öl	10	—
Eiweißstoff	9	—
Schleimzucker	248	—
Gummiartigen Schleim	239	—
Sauren phosphorsauren Kalk	6	—
Verlust	8	—
	<hr/>	
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile der im nicht gedüngten Boden kultivirten Gerste haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	542	Theile.
Hülensubstanz	680	—
Kleber	144	—
Amylon	3124	—
Öl	8	—
Eiweißstoff	6	—
Schleimzucker	249	—
Gummiartigen Schleim	238	—
Sauren phosphorsauren Kalk	5	—
Verlust	4	—
	<hr/>	
	5000	—

Es bestätigt sich auch hier, dafs die Masse der rein vegetabilischen Gemengtheile, nämlich Amylon, Schleimzucker und Gummi, vorwaltend erscheint, so wie die Düngungsmittel, mit denen die Gerste kultivirt wird, der vegetabilischen Grundmischung näher treten; dafs dagegen die Gemengtheile derselben von mehr animalischer Natur, der Kleber, das Eiweiß und der phosphorsaure Kalk, mit dem Gehalte an stickstoffhaltigen Materien, in den zur Kultur gebrauchten Düngerarten, in einem entsprechenden Verhältnifs stehen.

Da aber aus allen Resultaten der mit der Gerste angestellten Analysen hervorgehet, dafs, mit denselben Düngerarten und in gleichen Massen kultivirt, wie solches beim Weizen und beim Roggen geschehen war, der Gehalt an Kleber bei dem Roggen, so wie bei der Gerste, bedeutend geringer ausfällt, wie bei dem Weizen: so scheint daraus hervorzugehen,

dafs die beiden letzt genannten Getreidearten weniger dazu geeignet sind, Stickstoff aus den Düngerarten aufzunehmen, dagegen sich mehr an den Kohlenstoff zu halten.

Selbst in der Grundmischung scheint der Kleber aus der Gerste, von dem aus dem Weizen und dem aus dem Roggen geschiedenen, bedeutend zu differiren, indem er weniger zähe, weniger gerinnbar in der Hitze, und leichter mengbar mit Wasser ist.

Die Hordeine oder Cevadine, welche Proust (*) bei seiner Zergliederung des Gerstenmehls in selbigem entdeckt hat, habe ich bei der von mir gewählten Methode der Zergliederung nicht wahrnehmen können; dagegen eine nach Proust's Methode von mir angestellte Zergliederung des Gerstenmehls mir die Hordeine wirklich dargeboten hat.

Bei einer nähern Untersuchung dieser sogenannten Hordeine habe ich mich indessen überzeugt, dafs das, was Proust mit jenem Namen bezeichnet, in der That nichts anders ist als Hülsensubstanz, die sich dem Mehl mitgetheilt hatte, also keinesweges als ein Stoff eigner Art anerkannt werden darf.

Da aber der Kleber, welchen der Weizen darbietet, von dem aus dem Roggen, und dieser wieder von dem aus der Gerste sich fast wesentlich unterscheidet: so wage ich den Vorschlag zu machen, den Ersten mit dem Namen Triticine, den Zweiten mit dem Namen Secaline, und den Dritten mit dem Namen Hordeine zu bezeichnen.

Versuche mit Hafer.

Von dem Hafer (*Avena*) werden durch die Landwirthe sehr verschiedene Sorten kultivirt, von denen noch näher zu bestimmen sein dürfte, welche als Arten und welche als Varietäten zu betrachten sind.

Es gehören hieher, ausser dem gemeinen Hafer (*Avena sativa*); der Getreide- oder Sandhafer (*Avena strigosa*); der Orientalische Fahnenhafer (*Avena orientalis*); der gelbliche Frühhafer (*Avena Georgiana*); der Amerikanische Hafer; der Engländische Hafer; der Podolische Hafer; der Norwegische Hafer; der Sibirische Frühha-

(*) *Annales de Chimie et de Physique*, Tom. V. p. 339 suiv.

fer; der Pensylvanische kleine Entenhafer, und der Orientalische nackte Grützhafer.

Zu meinen Untersuchungen wurde der am häufigsten gebauete gemeine Hafer angewendet. Seine Kultur geschah ganz auf dieselbe Weise und mit denselben Düngerarten, wie solche bei dem Weizen, dem Roggen und der Gerste näher erörtert worden sind. Auch hier zeigte sich der Körnerertrag von einer sich gleich bleibenden Masse des ausgesäeten Hafers sehr verschieden, sowohl in der Quantität, als rücksichtlich des proportionalen Verhältnisses der Gemengtheile.

Der Anbau des Hafers geschah mit denselben Düngerarten, welche zu den früher erörterten Getreidearten verwendet wurden, und in gleichen Gewichtsmassen. Zum Einsäen wurden für jede Fläche des Bodens 20 Loth Hafer verwendet. Die Resultate ergaben sich im Folgenden.

Von 20 Loth Haferkörnern, welche jedes Beet zur Aussaat erhalten hatte, wurde an Ertrag gewonnen:

a) Von der Düngung mit Schaafmist wurden gewonnen $8\frac{3}{4}$ Pfund; also das Vierzehnte Korn.

b) Von der Düngung mit Ziegenmist wurden gewonnen $9\frac{3}{8}$ Pfund; also das Funfzehnte Korn.

c) Von der Düngung mit Pferdemit wurden gewonnen $8\frac{3}{4}$ Pfund; also das Vierzehnte Korn.

d) Von der Düngung mit Kuhmist wurden gewonnen 10 Pfund; also das Sechzehnte Korn.

e) Von der Düngung mit trockenem Menschenkoth wurden gewonnen $9\frac{1}{16}$ Pfund; also Vierzehn und ein halbes Korn.

f) Von der Düngung mit Taubenmist wurden gewonnen $7\frac{1}{2}$ Pfund; also das Zwölfte Korn.

g) Von der Düngung mit trockenem Menschenharn wurden gewonnen $8\frac{1}{8}$ Pfund, also das Dreizehnte Korn.

h) Von der Düngung mit trockenem Rindsblut wurden gewonnen $7\frac{13}{16}$ Pfund; also Zwölf und ein halbes Korn.

i) Von der Düngung mit Pflanzenerde wurden gewonnen $8\frac{1}{8}$ Pfund; also das Dreizehnte Korn.

k) Von dem nicht gedüngten Boden wurden gewonnen $3\frac{1}{8}$ Pfund; also das Fünfte Korn.

Die chemische Zergliederung der gewonnenen Körner wurde nach derselben Weise veranstaltet, wie bei den früher genannten Getreidearten, und gab folgende Resultate:

1. 5000 Gewichtstheile des mit trockenem Rindsblut kultivirten Hafers lieferten an nähern Bestandtheilen oder Gemengtheilen.

Natürliche Feuchtigkeit	600	Theile.
Hülensubstanz	965	—
Kleber	250	—
Amylon	2655	—
Öl	15	—
Eiweißstoff	20	—
Schleimzucker	190	—
Gummiartigen Schleim.	275	—
Saure phosphorsaure Salze	20	—
Verlust.	10	—
	<hr/>	
	5000	—

2. 5000 Gewichtstheile des mit trockenem Menschenkoth kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	605	Theile.
Hülensubstanz	962	—
Kleber	230	—
Amylon	2665	—
Öl	18	—
Eiweißstoff	22	—
Schleimzucker	192	—
Gummiartigen Schleim.	270	—
Saure phosphorsaure Salze	25	—
Verlust.	11	—
	<hr/>	
	5000	—

3. 5000 Gewichtstheile des mit Schaafmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	630	Theile.
Hülensubstanz	364	—
Kleber	200	—

Amylon	2700	—
Öl	15	—
Eiweißstoff	24	—
Schleimzucker	260	—
Gummiartigen Schleim	275	—
Saure phosphorsaure Salze	23	—
Verlust	9	—
	<hr/>	
	5000	—

4. 5000 Gewichtstheile des mit Ziegenmist kultivirten Hafers haben geliefert :

Natürliche Feuchtigkeit	646	Theile.
Hülsubstanz	852	—
Kleber	215	—
Amylon	2660	—
Öl	18	—
Eiweißstoff	22	—
Schleimzucker	270	—
Gummiartigen Schleim	285	—
Saure phosphorsaure Salze	22	—
Verlust	10	—
	<hr/>	
	5000	—

5. 5000 Gewichtstheile des mit trockenem Menschenkoth kultivirten Hafers haben geliefert :

Natürliche Feuchtigkeit	650	Theile.
Hülsubstanz	850	—
Kleber	220	—
Amylon	2658	—
Öl	22	—
Eiweißstoff	25	—
Schleimzucker	250	—
Gummiartigen Schleim	284	—
Saure phosphorsaure Salze	30	—
Verlust	11	—
	<hr/>	
	5000	—

6. 5000 Gewichtstheile des mit Pferdemist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	655	Theile.
Hülsubstanz	800	—
Kleber	200	—
Amylon.	2726	—
Öl	18	—
Eiweißstoff	24	—
Schleimzucker	260	—
Gummiartigen Schleim	280	—
Saure phosphorsaure Salze	28	—
Verlust	9	—
	<hr/>	
	5000	—

7. 5000 Gewichtstheile des mit Taubenmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	615	Theile.
Hülsubstanz	916	—
Kleber	160	—
Amylon	2659	—
Öl	15	—
Eiweißstoff	18	—
Schleimzucker	250	—
Gummiartigen Schleim	342	—
Saure phosphorsaure Salze	15	—
Verlust	10	—
	<hr/>	
	5000	—

8. 5000 Gewichtstheile des mit Kuhmist kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	580	Theile.
Hülsubstanz	750	—
Kleber	155	—
Amylon.	2750	—
Öl	14	—

Eiweißstoff	16	—
Schleimzucker	340	—
Gummiartigen Schleim	367	—
Saure phosphorsaure Salze	18	—
Verlust	10	—
	<hr/>	
	5000	—

9. 5000 Gewichtstheile des mit Pflanzenerde kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	541	Theile.
Hülsubstanz	650	—
Kleber	100	—
Amylon	2996	—
Öl	13	—
Eiweißstoff	12	—
Schleimzucker	319	—
Gummiartigen Schleim	349	—
Saure phosphorsaure Salze	10	—
Verlust	10	—
	<hr/>	
	5000	—

10. 5000 Gewichtstheile des im nicht gedüngten Boden kultivirten Hafers haben geliefert:

Natürliche Feuchtigkeit	540	Theile.
Hülsubstanz	651	—
Kleber	97	—
Amylon	2999	—
Öl	14	—
Eiweißstoff	11	—
Schleimzucker	320	—
Gummiartigen Schleim	350	—
Saure phosphorsaure Salze	8	—
Verlust	10	—
	<hr/>	
	5000	—

Die Resultate welche die Versuche mit dem Hafer, in den verschiedenen Düngerarten kultivirt, dargeboten haben, stimmen nicht ganz mit denen des Weizens, des Roggens und der Gerste überein. Ich habe die Resultate so mitgetheilt, wie sich solche mir dargeboten haben, und überlasse es der Zukunft, die Ursachen von der Nichtübereinstimmung zu ermitteln.

Die kleberartige Substanz aus dem Hafer ist noch dünner als die aus der Gerste; ich möchte sie als eine Materie eigener Art betrachten und mit dem Namen Avenaine bezeichnen.

Der gummiartige Schleim nähert sich mehr der Pflanzengallerte als dem Gummi. Das Amylon selbst zeigt einen süßlichen Geschmack und eine Lockerheit, wie sie beim Amylon aus den übrigen Getreidearten nicht vorkommt.



Versuche und Beobachtungen

über

die chemische Zergliederung des Kanonenmetalls.

Von

H^{rn}. SIGISM. FRIEDR. HERBSTÄDT.

~~~~~

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 16. August 1826.]

**D**ie Zusammensetzung des Kanonenmetalls oder Stückguts ist nicht in allen Ländern dieselbe. In den meisten Fällen besteht solche blofs aus Kupfer und Zinn; in einzelnen Fällen wird auch eine verhältnißmäßige Portion Zink, ja selbst Blei zugegeben.

Das Kanonenmetall soll hart genug sein, um dem Eindrucke der Kugel, wenn solche, durch die explodirende Kraft des entzündeten Pulvers getrieben, die Seele der Kanone verläßt und den Lauf derselben durchstreicht, hinreichenden Widerstand zu leisten; es soll aber auch zähe genug sein, um nicht zerspringen zu können.

Das Zinn ertheilt dem Kupfer die Härte; die Zähigkeit der Legirung wird durch das bestimmte proportionale Verhältniß begründet, unter welchem beide Metalle mit einander vereinigt werden.

Zinn und Zink zusammen legirt, ohne Zusatz von Kupfer, geben eine Alliage von größerer Härte und größerer Zähigkeit, als die des gewöhnlichen Kanonenguts; sie würde vielleicht allein, für sich angewendet, ein brauchbares Kanonenmetall darbieten, aber diese Alliage ist zu sehr der oxydirenden Einwirkung des Wassers und der Luft unterworfen, als daß man jemals einen Gebrauch davon, zu Kanonenmetall, wird machen können.

Daß hingegen ein kleiner Zusatz von Zink dem Kanonenmetall stets sehr vortheilhaft sein kann, darf man um so mehr erwarten, weil die Alliage dadurch an Härte zunimmt, ohne an Zähigkeit etwas zu verlieren.

Was den Gehalt des Bleis betrifft, wie dieses Metall bei der chemischen Zergliederung einiger Arten von Stückgut sich ergeben hat: so ist solches ohnfehlbar nur als ein Verunreinigungsmittel zu betrachten, welches dem dazu angewendeten Zinn inhärrte: weil kein Grund existirt, was solches im Kanonenmetall nützen soll.

Bleiben aber auch die oben genannten wesentlichen Bestandtheile des Kanonenmetalls, nämlich Kupfer und Zinn, qualitativ betrachtet, dieselben: so ist es doch keinem Zweifel unterworfen, dafs Härte, Zähigkeit, Festigkeit und specifische Dichtigkeit der aus jenen Materialien producirten Alliagen, durch die proportionalen Verhältnisse der Letztern begründet werden müssen.

Ob und welche Abänderungen aber, rücksichtlich der oben genannten Eigenschaften, durch den reineren oder weniger reinen Zustand, der zur Alliage gebrauchten einzelnen Metalle bewirkt werden können? solches würde nur allein durch eine Reihe mühsamer darüber angestellter Versuche ausgemittelt werden können.

Unter den mannigfaltigen Legirungen zu Kanonenmetall mufs ohnfehlbar eine existiren, die als unübertreffbar angesehen werden kann. Ob solche durch das bestimmte proportionale Verhältniß der dazu genommenen einfachen Metalle allein, oder auch durch den Zustand ihrer absoluten Reinheit bedingt wird? solches ist bisher noch nicht genügend ermittelt worden.

Dafs man den Zustand der absoluten Reinheit der zum Kanonenmetall erforderlichen Ingredienzen vielleicht niemals beobachtet hat; ja dafs man selbst über die passendsten proportionalen Verhältnisse derselben nicht einmal einverstanden ist: solches gehet sehr deutlich aus der Differenz derselben hervor, die man in verschiedenen Ländern bei deren Legirung beobachtet.

Die Herren Vauquelin, Klaproth, Kopp, Thenard, Dièze u. a. m. haben mehr Methoden zur chemischen Zergliederung der Legirungen von Kupfer, Zinn und Zink, auf dem nassen Wege, beschrieben; ich habe selbige einer wiederholten Prüfung unterworfen, dieselben auch vollkommen richtig, aber zu complicirt befunden, als dafs ich nicht gewünscht hätte, sie vereinfachen zu können.

Um absolut reine Materialien zur Zusammensetzung des Kanonenmetalls zu erhalten, mußte ich mir solche erst zubereiten.

Das absolut reine Kupfer wurde durch die für sich bewirkte Reduktion des reinen krystallisirten essigsauren Kupfers, unter einer Decke von Boraxglase bewirkt.

Das absolut reine Zinn wurde bereitet, indem Malaccazinn durch anhaltendes Kochen mit Salpetersäure oxydirt, der nicht gelöste Rückstand, um ihn von etwa beigemengtem Arsenik zu trennen, mit liquidem Ätzammoniak ausgekocht, und hierauf, nach vollkommenem Aussüßen, durch Weinsteinsäure, unter einer Decke von Boraxglase, reducirt.

Zur Darstellung des absolut reinen Zinks wurde das Zink in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, aus der sauren filtrirten Auflösung des Kadmium durch hydrothionsaures Gas gefällt; die rückständige Flüssigkeit, um sie vom etwa vorhandenen Eisengehalte zu befreien, durch Ätzammoniak gefällt und bis zur Wiederauflösung des Niederschlags damit versetzt. Die klar filtrirte Flüssigkeit wurde zum Trocknen abgedunstet, der Rückstand ausgeglühet, und hierauf, unter einer Decke von Boraxglase, mit Weinsteinsäure reducirt. Die Reduktion geschah in einer Retorte von Porzellan.

Zur Darstellung des absolut reinen Bleies wurde reines krystallisirtes essigsaures Blei, unter einer Decke von Boraxglase, für sich reducirt.

Mit diesen absolut reinen Metallen wurden folgende Legirungen veranstaltet:

1. Hundert Theile Kupfer und Zehn Theile Zinn.
2. Neunzig Theile Kupfer und Zehn Theile Zinn.
3. Achtzig Theile Kupfer, Zehn Theile Zinn und Zehn Theile Zink.
4. Achtzig Theile Kupfer, Zehn Theile Zinn, Sechs Theile Zink und Vier Theile Blei.

Jene Metalle wurden unter einer Decke von Boraxweinstein und Pulver von reinem weissen Glase in porzellanenen Tiegeln zusammengeschmolzen, und diese nach dem Erkalten der Massen zerschlagen.

Die so erhaltenen Reguli zeigten einen Gewichtsverlust von anderthalb bis zwei Procent, welcher wahrscheinlich in die Schlacken getreten war.

Die so gebildeten Alliagen waren wenig in der Farbe unterschieden; am schönsten zeichnete sich hierin Nummer 3 aus. Die Alliage von der Vierten Nummer hatte ein mattes Ansehen.

Es würde interessant gewesen sein, die Festigkeit der erhaltenen Alliagen unter sich und gegen gewöhnliches Kanonenmetall verglichen, prüfen zu können; hierzu mangelte es mir aber an Gelegenheit; ich werde diese Versuche aber zu einer andern Zeit nachholen.

Es kam nur jetzt darauf an, die erhaltenen Alliagen zu zergliedern, um zu ermitteln, wie die Resultate der Zergliederung mit den proportionalen Verhältnissen der zu ihrer Zusammensetzung verwendeten Bestandtheile, stimmen würden.

Unter denen von andern Chemikern hierzu vorgeschlagenen Scheidungsarten, schienen mir die von Vauquelin und von Kopp die passendsten zu sein.

Vauquelin, der sich vorzüglich mit der Zergliederung des Messings beschäftigt hat, bedient sich dazu der folgenden Methode. Er löset solches in Salpetersäure auf, fället die Auflösung durch Ätzkali, und löset das mit gefällte Zinkoxyd durch einen Überschufs von Ätzkali wieder auf. Der Niederschlag wird ausgesüfst, das rückständige Kupferoxydhydrat ausgeglühet und der Kupfergehalt aus seinem Gewichte bestimmt.

Die alkalische Zinkauflösung wird mit Schwefelsäure übersetzt, dann durch kohlen-saures Kali gefället. Der Niederschlag wird ausgesüfst, getrocknet, geglühet und aus seinem Gewichte das des metallischen Zinks berechnet.

Nach einer andern von Vauquelin angegebenen Methode, soll man das Messing, unter Mitwirkung der Wärme, in concentrirte Schwefelsäure auflösen, die Auflösung mit Wasser verdünnen, das Kupfer mittelst einer gewogenen Zinkplatte daraus fällen, den Gewichtsabgang der Zinkplatte berechnen: dann das Zink durch kohlen-saures Kali fällen. Der Niederschlag soll ausgesüfst, getrocknet, ausgeglühet und das Zinkoxyd welches das Messing dargeboten hatte, von dem abgezogen werden, welches bei der Fällung des Kupfers hinzugekommen war; aus dem Überreste hingegen das metallische Zink durch Rechnung bestimmt werden.

Kopp zieht über die Legirung von Kupfer und Zinn, zu verschiedenen Malen Salpetersäure ab und löset dann den Rückstand, mit Hülfe der Wärme, in Schwefelsäure auf. Hier soll das Zinn als Oxyd

zurück bleiben, das Kupfer hingegen, so wie auch das Zink, wenn solches vorhanden war, sich auflösen.

Ich habe diese von Kopp angegebne Zergliederung wiederholt; sie hat mir aber keine genügende Resultate dargeboten. Das hiebei rückständige Zinnoxid enthält stets noch Kupfer, so wie basisches schwefelsaures Zinn.

Eben so verliert man bei der von Kopp angegebenen Zergliederungsart an Zinn, weil ein Theil des Zinnoxids, mit dem Kupfer zugleich, aufgelöst wird und aus der Auflösung, durch Hinwegnahme des Kupferoxyds mittelst Ätzammoniak, geschieden werden kann.

Jene Zergliederungsart kann also keinesweges als Beispiel aufgestellt werden, wenn die Scheidung solcher Metallgemische genaue Resultate darbieten soll. Folgende von mir ausgemittelte Scheidungsart habe ich, als Resultat einer öftern Wiederholung derselben, sehr zweckmäfsig befunden.

#### a) Zergliederung einer künstlichen Alliage von Kupfer und Zinn.

Diese Legirung wird mit einer stählernen Feile zart zerfeilet. Hierauf wird das fünffache Gewicht der gefeilten Alliage eines sehr reinen, trocknen Salpeters in einem Platintiegel zum glühenden Flufs gebracht. In diesen trage ich die gefeilte Legirung bei kleinen Portionen nach und nach ein, um sie zu verpuffen. Die verpuffte Masse wird noch eine Zeit lang im Flufs erhalten, bis alle Metalleitfähigkeit verschwunden und eine grünblaue Salzmasse gebildet worden ist; welche ausgegossen, nach dem Erkalten zerkleinert, hierauf mit destillirtem Wasser ausgekocht und sodann mit Salpetersäure, bis zum Vorwalten derselben, versetzt wird.

Hiebei löset sich das gebildete Kupferoxyd in der Säure auf, das Zinnoxid hingegen bleibt ungelöst zurück.

Die Auflösung des Kupfers wird durch Ätznatron gefällt, der Niederschlag ausgesüfst, getrocknet und ausgeglühet. Aus seinem Gewicht wird der Gehalt des regulinischen Kupfers berechnet.

Jenes Kupferoxyd ist in Ätzammoniak lösbar, ohne eine Spur von Zinnoxid übrig zu lassen.

Das nicht aufgelöste Zinnoxid wird ausgesüßt, getrocknet und ausgeglühet, und der regulinische Zinngehalt aus seinem Gewichte bestimmt. Jenes Zinnoxid ist vollkommen rein, ohne, selbst bei der genauesten Prüfung, eine Spur von Kupfer wahrnehmen zu lassen.

Die Lauge, welche beim Aussüßen der verpufften Masse gewonnen wird, giebt mit Schwefelsäure neutralisirt, noch einige Flocken von Zinnoxid, welches dem Erstern zugerechnet werden muß.

#### b) Zergliederung einer Alliage aus Kupfer, Zinn und Zink.

Sie wird auf gleiche Weise, wie die vorige, zart zerfeilet, das Zerfeilte mit dem fünffachen Gewichte Salpeter verpufft, die gut durchgeschmolzene Masse mit Wasser so vollkommen als möglich ausgesüßt.

Was ungelöst zurück bleibt, ist Zinnoxid, das ausgeglühet und dessen Gehalt an regulinischem Zinn aus seinem Gewichte ermittelt wird.

Die Lauge wird mit Salpetersäure bis zum Vorwalten derselben versetzt und filtrirt, wobei wenige Flocken von Zinnoxid übrig bleiben, welches dem vorigen zugerechnet werden muß.

Die vom Zinn befreite Flüssigkeit hält nun Kupferoxyd und Zinkoxyd gelöst. Sie wird stark gesäuert, und nun so lange hydrothionsaures Gas hindurch geleitet, bis keine Trübung mehr darin erfolgt. Hier fällt das Kupfer als Schwefelkupfer zu Boden, welches ausgesüßt, getrocknet, und aus seinem Gewichte der Gehalt des metallischen Kupfers bestimmt wird.

Die rückständige Flüssigkeit wird, bis zur Entfernung der noch damit gemengten Hydrothionsäure, gekocht, dann filtrirt, das Filtrat durch kohlenaures Natron gefällt, der Niederschlag ausgesüßt, getrocknet und ausgeglühet. Er stellt nun das reine Zinkoxyd dar, dessen Metallgehalt durch Rechnung bestimmt wird.

#### c) Zergliederung einer Legirung aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei.

Sie wird durch Verpuffung mit dem fünffachen Gewicht Salpeter oxydirt, hierauf vollkommen ausgesüßt. Der Rückstand ist ein Gemenge von Kupfer-, Zinn- und Bleioxyd.

Die beim Aussüßen erhaltene Lauge wird bis zum Vorwalten mit Salpetersäure versetzt, wobei sich wenige Flocken von Zinnoxid aussondern, die gesammelt werden.

Die davon getrennte Flüssigkeit wird durch hydrothionsaures Gas zerlegt, wobei eine kleine Quantität Schwefelblei ausgesondert wird.

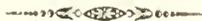
Die davon getrennte Flüssigkeit, durch kohlsaures Natron gefällt, giebt kohlsaures Zinnoxid, das ausgeglühet und sein Metallgehalt durch Rechnung bestimmt wird.

Das nach dem Auslaugen der verpufften Masse zurück gebliebene Gemenge von Zinnoxid, Kupferoxyd und Blei-Superoxyd wird, mit dem Zwölften Theil Zucker versetzt, mit vorwaltender Salpetersäure gekocht; was zurückbleibt, ist Zinnoxid, das, mit den früher bemerkten Flocken verbunden, ausgesüßt und ausgeglühet wird. Aus dem Gewichte des Rückstandes wird der Metallgehalt durch Rechnung bestimmt.

Die Kupfer- und Bleihaltige Lösung wird genau neutralisirt und mit schwefelsaurem Natron versetzt, wobei schwefelsaures Blei zu Boden fällt, das ausgesüßt, getrocknet und ausgeglühet wird. Der darin befindliche Metallgehalt, + dem in dem früher genannten Schwefelblei enthaltenen, wird durch Berechnung ermittelt.

Aus der übrigen Flüssigkeit wird noch das Kupferoxyd durch Ätznatron gefällt, ausgesüßt, getrocknet und ausgeglühet. Der darin befindliche Metallgehalt ergibt sich durch Berechnung.

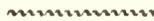
Auf solche Weise ist es mir gelungen, aus den künstlich gemachten Alliagen die proportionalen Verhältnisse der dazu verwendeten reinen Metalle, bis auf einen unbedeutenden Deficit, zu erhalten; ich glaube daher, dafs diese bisher noch nicht beobachtete Scheidungs-methode den Vorzug vor jeder früheren verdient.





Über die  
Veränderungen welche die Festigkeit des Eisens  
durch geringe Beimischungen erleidet.

Von  
H<sup>rn.</sup> K A R S T E N.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 7. December 1826.]

**D**ie Festigkeit, welche sich nach den Richtungen der Kräfte, die den Zusammenhang der Masse aufzuheben streben, bald als Dehnbarkeit, bald als Geschmeidigkeit, bald als Biegsamkeit (im Gegensatz der Zerbrechlichkeit) zu erkennen giebt, ist bei einem und demselben Metall sehr verschieden. Es hat noch nicht gelingen wollen, die Gröfse der Festigkeit der Metalle durch absolute Zahlen genau zu bestimmen. Die Gränzen der grössten und der geringsten Festigkeit, so weit sie bisher durch unmittelbare Versuche ausgemittelt worden sind, liegen bei den verschiedenen Metallen sehr ungleich von einander entfernt. Bei dem Golde z. B. finden sie sich zwischen den Zahlen 25 und 34; bei dem Silber zwischen den Zahlen 38 und 66; bei dem Kupfer zwischen 30 und 65 und bei dem Eisen sogar zwischen den Zahlen 10 und 150.

So grofse Abweichungen können nicht in der Mangelhaftigkeit der Vorrichtungen, durch welche die Gröfse der Festigkeit ausgemittelt wird, ihren Grund haben. Sie müssen eine Folge der verschiedenartigen Beschaffenheit des Metalles selbst sein. Zwar lehrt die Erfahrung, dafs auch die verschiedenen Umstände, unter welchen ein und dasselbe Metall geschmolzen, gegossen, abgekühlt, oder durch Schmieden und Zusammenpressen mehr verdichtet wird, einen sehr wesentlichen Einflufs auf die Festigkeit äufsere; allein die Differenzen werden doch nur alsdann bedeutend ausfallen, wenn mit jener Behandlung des Metalles zugleich eine Veränderung des

chemischen Mischungsverhältnisses verbunden ist, oder doch als höchst wahrscheinlich vorausgesetzt werden kann. Die großen Abweichungen in der Festigkeit eines und desselben Metalles, so wie sie sich aus den zeither angestellten Versuchen ergeben haben, dürften daher wohl vorzüglich darin zu suchen sein, daß die angewendeten Metalle nicht rein, sondern daß sie Legirungen mit anderen Metallen gewesen sind.

Das Eisen ist dasjenige Metall, von dessen Festigkeit man am häufigsten Gebrauch zu machen veranlaßt wird. Die Legirung dieses Metalles mit Kohle, besitzt, aufser vielen anderen, auch die merkwürdige Eigenschaft, daß sie einen ungemein verschiedenen Grad der Festigkeit zeigt, je nachdem die Menge und der Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen verschieden sind. Eisen, welches gar keine Kohle enthält, ist weniger fest, als dasjenige, welches mit etwa  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Procent Kohle verbunden ist. Mit dem zunehmenden Verhältniß der Kohle nimmt die Festigkeit aber wieder bedeutend ab, und scheint am geringsten zu werden, wenn das Eisen das Maximum von Kohle, nämlich etwas mehr als 5 Procent Kohlenmetall, aufgenommen hat. Allein nicht bloß die Menge der Kohle, sondern auch der jedesmalige Verbindungszustand derselben mit dem Eisen, entscheiden über die Größe der Festigkeit. Der gehärtete und der nicht gehärtete Stahl, so wie das grane und weiße Roheisen, welche ganz gleiche Quantitäten Kohle, aber in verschiedenen Verbindungszuständen, enthalten, äußern sich in der Festigkeit sehr verschieden. Es fehlt noch an Versuchen, um bestimmen zu können, bei welcher Quantität, und bei welchem Verbindungszustande der Kohle mit dem Eisen, dieses Metall, oder vielmehr die Legirung des Eisens mit Kohle, das Maximum der Festigkeit erreicht hat.

Die Legirungen des Eisens mit anderen Metallen oder metallischen Grundlagen sind wenig bekannt. Die Legirungen mit Chlor, Boron, Fluor, Cyan, lassen sich immer nur in ganz bestimmten Mischungsverhältnissen darstellen und bilden eine eigenthümliche Klasse von Verbindungen, welche, nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch, nicht mehr Legirungen genannt werden können, weil sie eine grössere Übereinstimmung mit den Verbindungen von oxydirten Körpern, als mit der Vereinigung von Metallen zu erkennen geben. Auch die Legirungen des Eisens mit Schwefel, Phosphor, Selen und Kohle, welche ebenfalls eine eigenthümliche Art von Verbindungen darzustellen scheinen, pflegt man nicht Legirungen zu nennen, obgleich

sich kein wissenschaftlicher Grund angeben läßt, aus welchem man berechtigt wäre, diese Verbindungen von denen des Eisens mit anderen Metallen zu unterscheiden. Der Charakter des metallischen Zustandes wird nämlich durch die Vereinigung des Eisens mit den genannten Körpern nicht aufgehoben, und eben so wenig läßt es sich erweisen, daß die Festigkeit des Eisens, durch die Verbindung mit geringen Quantitäten des einen oder des anderen von jenen Körpern, in einem höheren Grade vermindert werde, als durch die Verbindung mit geringen Quantitäten von den eigentlich sogenannten Metallen. Ein gewisses Verhältniß von Kohle erhöht sogar die Festigkeit des Eisens, und der Phosphor vermindert sie, — wenigstens bis zu gewissen Verhältnissen, — nicht in so hohem Grade, als eine dem Eisen beigemischte Quantität eines eigentlich sogenannten Metalles, auf die Festigkeit des Eisens nachtheilig einzuwirken scheint.

Daß außerordentlich geringe Quantitäten eines beigemischten fremden Körpers, die Festigkeit eines Metalles ungemein vermindern können, zeigt sich auffallend beim Ausstrecken und beim Prägen des Silbers, des Goldes und des Kupfers, indem die Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit dieser Metalle zuweilen in einem hohen Grade vermindert sind, ohne daß sich mit Zuverlässigkeit die Menge, ja oft sogar die Art des Körpers angeben läßt, durch dessen Beimischung die Abnahme der Festigkeit veranlaßt wird. Bei dem Eisen zeigt sich eine fast noch größere Verschiedenheit in der Festigkeit, — eine Verschiedenheit, die schon längst Veranlassung gegeben hat, das rothbrüchige, das kaltbrüchige und das faulbrüchige Eisen, von dem untadelhaften und festen Eisen zu unterscheiden. Wenn die fehlerhafte Beschaffenheit des Eisens, nämlich die Verminderung seiner Festigkeit, nur durch Beimischung bedeutender Quantitäten von Metallen oder von metallischen Grundlagen bestimmt würde, so könnte ein solcher Erfolg nicht auffallend sein, und man würde sich dann schon längst einen vollständigen Aufschluß über die Ursachen der fehlerhaften Beschaffenheit des Eisens und über die Mittel zur Verbesserung derselben verschafft haben. Es scheint aber, daß schon außerordentlich geringe Beimischungen von fremden Körpern, welche sich durch die Analyse nur schwer auffinden und bestimmen lassen, eine sehr bedeutende Verminderung der Festigkeit des Eisens hervorzubringen vermögen. Darin ist auch zugleich der Grund zu suchen, weshalb die Ursachen der fehlerhaften Beschaffenheit des Eisens

noch wenig zuverlässig bekannt, und weshalb sogar sehr widersprechende Meinungen über den Einfluss der verschiedenen metallischen Grundlagen auf das Eisen entstanden sind.

Bei derjenigen Verbindung des Eisens mit Kohle, bei welcher die letztere entweder im Maximo vorhanden ist, oder sich diesem Verbindungsverhältniß wenigstens nähert, also bei derjenigen Verbindung, welche unter dem Namen des Roheisens bekannt ist, hat die Festigkeit des Eisens schon so sehr abgenommen, daß der Einfluss, den die Beimischung von geringen Quantitäten anderer metallischer Grundlagen auf die Haltbarkeit des Eisens äufsert, weniger deutlich erkannt werden kann. Wenigstens läßt sich dieser Einfluss von demjenigen den die Kohle für sich allein schon äufsert, nicht so deutlich unterscheiden und so bestimmt nachweisen, als bei dem Stabeisen, oder bei dem Eisen welches nur wenig Kohle enthält und dessen verminderte Festigkeit daher nicht der Beimischung von Kohle zugeschrieben werden kann. Daß aber Beimischungen, welche dem Stabeisen eine fehlerhafte Beschaffenheit ertheilen, auch eben so nachtheilig auf das Roheisen wirken und die Festigkeit desselben vermindern müssen, bedarf keiner Erwähnung.

Zur näheren Kenntniß des Eisens ist es durchaus nothwendig, die Art und die Quantität der Körper kennen zu lernen, durch deren Beimischung die Festigkeit des Eisens wesentlich modificirt wird, und diese Kenntniß ist dann auch vielleicht geeignet, mehr Licht über eine Art von Verbindungen zu verbreiten, welcher bis jetzt zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, weil sie bei der chemischen Vereinigung von sehr vielen Körpern gar nicht vorkommt, und weil sie, wo man sie antraf, mehr für zufällig als für wesentlich gehalten worden ist.

Die folgenden Untersuchungen werden sich nur auf eine kleine Anzahl von Körpern erstrecken, indem nur diejenigen ausgewählt worden sind, welche bei der technischen Bereitung und Bearbeitung des Eisens, mit diesem Metall in Verbindung treten.

### 1. Eisen und Phosphor.

Daß der Phosphor die Festigkeit des Eisens vermindert, ist längst bekannt. Es war nur noch näher zu untersuchen, bei welchen Verhältnissen die Wirkung des Phosphor so merklich wird, daß sie sich bei den gewöhn-

lichen Proben des Stabeisens durch Biegen, Werfen und Schlagen der Stäbe, auffallend zu erkennen giebt.

Die Eisenhüttenwerke in der Mark Brandenburg, in Pommern, in der Lausitz und in Niederschlesien verarbeiten sämmtlich Wiesenerze. Es bot sich daher eine gute Gelegenheit dar, die Erze, Zuschläge, das Roheisen, die Hohenofenschlacken, das aus dem Roheisen bereitete Stabeisen und die dabei fallenden Roh- und Gaarschlacken zu untersuchen. Zu diesen Untersuchungen sind die beiden Hüttenwerke Torgelow in Pommern und Peitz in der Neumark gewählt worden. Alle Erze, von 18 verschiedenen Punkten, enthielten, aufer Eisenoxyd, Kieselerde und Wasser, auch noch veränderliche Mengen von Eisenoxydul, Manganoxyd und Bitumen. Bei einigen fand sich auch noch eine geringe Beimengung von kohlenaurer Kalkerde. Ein bestimmtes Mischungsverhältniß war bei keinem Erz aufzufinden. Der Gehalt an Phosphorsäure variierte von 0,8 bis 5,6 Procent, der Manganoxydgehalt von 0,1 bis 10,8 Procent. Dagegen stieg der Eisenoxydgehalt von 23,24 bis 62,21 Procent, und der Wassergehalt von 16,2 bis 24,4 Procent.

Der Phosphorgehalt im Torgelower Roheisen betrug 3,107 Procent, und im Peitzer Roheisen 5,54 Procent. In den Hohenofenschlacken fand sich keine Spur von Phosphor oder von Phosphorsäure, zum Beweise, daß der ganze Phosphorsäuregehalt der Erze beim Verschmelzen zu Phosphor reducirt und als Phosphoreisen im Roheisen ausgebracht wird. Das untersuchte Roheisen war bei einem gaaren Gange des Ofens gefallen, woraus es einleuchtend wird, daß der Phosphorsäuregehalt der Eisenerze, durch den Hohenofenprozess nicht abgeschieden, ja nicht einmal vermindert werden kann, indem die Schlacke keine Spur davon aufnimmt, sondern der ganze Phosphorsäuregehalt des Erzes sich als Phosphor im Roheisen concentrirt. Dies ist auch der Grund, weshalb sich vielleicht in jedem Roheisen noch Spuren von Phosphor auffinden lassen werden, wenigstens ist mir bis jetzt noch kein Roheisen vorgekommen, welches ganz davon frei gewesen wäre.

Bei dem Verfrischen eines solchen, Phosphor haltenden, Roheisens in gewöhnlichen Frischheerden, wird der Phosphor durch den Luftstrom des Gebläses in Phosphorsäure ungeändert und auf solche Weise mehr oder weniger vollkommen abgeschieden. Die Frischschlacken enthalten daher sehr bedeutende Quantitäten Phosphorsäure, welche mit dem gleichzeitig

entstehenden Eisenoxydul in Verbindung tritt. Eine solche Verbindung wird aber in der Schmelzhitze, umgeben von glühenden Kohlen, sehr leicht wieder zu Phosphoreisen reducirt, welches sich mit dem gefrischten Eisen abermals verbinden würde. Man sucht diese Reduction zum Theil dadurch zu verhindern, daß man der Phosphorsäure eine stärkere Basis, als das Eisenoxydul ist, anbietet. Der Zuschlag von kohlensaurem Kalk nämlich, dessen man sich in der eigentlichen Frischperiode bedient, hat keinen andern Zweck, als die entstehende Phosphorsäure zu binden und die Reduction zu Phosphor zu verhindern. Ungeachtet der Kalk aber in ungleich größerer Menge angewendet wird, als zur Verbindung mit der entstehenden Phosphorsäure erforderlich ist, so zeigt doch die Analyse der Frischschlacken, daß ein sehr bedeutender Theil des Phosphorsäuregehaltes derselben noch am Eisenoxydul, und nicht an der Kalkerde, gebunden ist. Der ganze Prozeß des Verfrischens des Phosphor haltenden Roheisens in den Frischheerden, ist daher auch vielen Zufälligkeiten unterworfen und ganz vorzüglich von der Übung und Geschicklichkeit der Arbeiter abhängig. Daher kommt es auch, daß auf einigen Hüttenwerken der Phosphor im Roheisen ungleich vollkommener als auf anderen, beim Verfrischen des Roheisens zu Stabeisen, abgeschieden wird. Das Stabeisen aus dem Torgelower Roheisen hatte noch einen Rückhalt von 0,75 Procent Phosphor, und ein größerer Phosphorgehalt zeigte sich auch nicht in dem Peitzer Roheisen, obgleich das Peitzer Roheisen fast noch einmal so viel Phosphor enthält als das Roheisen von Torgelow.

Stabeisen, welches  $\frac{3}{4}$  Procent Phosphor enthält, zeigt zwar eine schon bedeutend verminderte Festigkeit, hält aber die gewöhnlichen Proben durch Biegen und Werfen noch recht gut aus. Schon bei einem Gehalt von 0,8 Procent Phosphor wird die Abnahme der Festigkeit sehr merklich, und das Stabeisen, welches 1 Procent Phosphor enthält, läßt sich nicht mehr unter einem rechten Winkel biegen, ohne zu zerbrechen. Ein solches Eisen würde nur zu sehr wenigen Zwecken noch anwendbar sein. Dagegen läßt sich bei einem Phosphorgehalt von 0,6 Procent noch keine Abnahme der Festigkeit des Stabeisens durch die gewöhnlichen Proben des Biegens und Werfens bemerken, sondern es werden schon stärkere Proben erfordert, um sich von der Verminderung der Festigkeit zu überzeugen. Ein Phosphorgehalt von 0,3 Procent scheint die Festigkeit des Stabeisens äußerst

wenig zu vermindern, wenigstens läßt sich die Verminderung durch die stärksten Proben nicht mehr bemerken; nur beim Zerreißen eines solchen Stabeisens würde sich seine geringere Festigkeit im Vergleich mit dem reinen Stabeisen zu erkennen geben.

Der Phosphor scheint in oder mit den Eisenerzen ungleich häufiger vorzukommen, als man geglaubt hat. Weil sich jede Spur von Phosphorsäure in der ganzen zu verschmelzenden Erzbeschickung, als Phosphor im Roheisen, wieder findet, so läßt sich durch die Analyse des Roheisens ein Phosphorsäuregehalt ausmitteln, den die Untersuchung der Erze gar nicht erwarten läßt. Noch ist mir, weder unter den verschiedenen deutschen, noch unter den englischen und schwedischen Roheisenarten, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, ein einziges Stück vorgekommen, welches ganz frei von Phosphor gewesen wäre, obgleich der Phosphorgehalt zuweilen nur einige Hunderttheile eines Procents beträgt. Es ist wohl möglich, daß ein so unbedeutender Phosphorgehalt durch die Asche des Brennmaterials, und nicht durch die Eisenerze in das Roheisen geführt wird. Die Ursache des Phosphorgehalts sei aber welche sie wolle, so ist es für einen sehr glücklichen Umstand anzusehen, daß der Phosphorgehalt des Eisens schon bis zu einem halben Procent steigen kann, ehe er der Festigkeit des Eisens auf eine bemerkbare Art nachtheilig wird. Wenn der Phosphor schon in so geringen Quantitäten, wie es bei einigen andern Körpern der Fall ist, die Festigkeit des Eisens verminderte; so würde es fast unmöglich sein, ein festes und haltbares Eisen im Großen darzustellen.

## 2. Eisen und Schwefel.

Daß das Eisen durch einen Schwefelgehalt rothbrüchig wird, ist eine ganz bekannte Erfahrung. Eisenerze die Schwefelkies enthalten, müssen daher durch Rösten, und häufig auch durch Auslaugen, zum Verschmelzen vorbereitet werden. Andere, welche mit Schwerspath oder mit Gips zusammenbrechen, werden zur Eisengewinnung ganz unbrauchbar, wenn die begleitenden schwefelsauren Salze in großer Menge vorkommen, oder wenn sie durch Klaubearbeit nicht entfernt werden können. Beim Schmelzprozeß wird die Schwefelsäure reducirt und der Schwefel tritt mit dem Eisen in Verbindung. Bei einem gaaren Gange des Ofens läßt sich ein Theil des Schwefels entfernen, indem er, in Verbindung mit Erdbasen, von der Schlacke

aufgenommen wird. Der Schwefel zeigt sich also durch dieses Verhalten, welches der Phosphor nicht mit ihm gemein hat, dem praktischen Hüttenmann viel günstiger; allein eine vollständige Abscheidung des Schwefels ist, auch bei dem gaarsten Gange des Ofens, nicht möglich.

Weil auf den Landesherrlichen Eisenhütten keine Eisenerze verschmolzen werden, aus welchen rothbrüchiges Eisen erfolgt, so habe ich vor längerer Zeit auf der Eisenhütte zu Rybnick in Oberschlesien, der Erzbeschickung absichtlich etwas Gips zusetzen lassen, um Roheisen mit einem Schwefelgehalte darzustellen. Es bedurfte keines bedeutenden Zusatzes, um ein Roheisen zu erhalten, aus welchem ein so überaus rothbrüchiges Stabeisen erfolgte, dafs es sich unter dem Hammer nicht bearbeiten liefs. Die einzelnen Stücken welche nothdürftig zu einem Stabe ausgeschmiedet werden konnten, erhielten eine Menge von Kantenbrüchen, die sich tief in die Eisenmasse erstreckten. Das Stabeisen war völlig unbrauchbar und hatte die Schweifsbarkeit fast gänzlich verloren.

So genau sich auch der Schwefelgehalt eines Körpers, durch die Umwandlung des Schwefels in Säure, und durch die Behandlung der sauren Flüssigkeit mit Baryterdesalzen bestimmen läfst; so reicht dies Verfahren doch nicht hin, den Schwefelgehalt des Eisens auszumitteln. Bei den mehrsten Roheisenarten läfst sich auf diese Art kaum eine Spur von Schwefel entdecken. Das Eisen mufs, wenn der Schwefelgehalt ausgemittelt werden soll, in Salzsäure aufgelöst und die entweichenden Gasarten müssen durch eine Auflösung von essigsäurem Blei geleitet werden, um aus dem sich niederschlagenden Schwefelblei die Menge des Schwefels berechnen zu können. Ich wende dazu gewöhnlich eine Quantität von 5 Grammen Eisen an, welche sich, nach Verlauf von 10 bis 14 Tagen, in der gewöhnlichen Temperatur vollständig aufgelöst haben; wenigstens läfst sich in den Rückständen kein Schwefeleisen mehr auffinden, sobald die Gasentwicklung aufhört.

Das bei dem vorhin erwähnten Schmelzversuch erhaltene Roheisen enthielt 0,371 Procent Schwefel, und in dem daraus bereiteten Stabeisen liefsen sich nur 0,03375 Procent, also in 100,000 Theilen Eisen noch nicht 34 Theile Schwefel auffinden, und doch war das Stabeisen in einem so ausgezeichneten Grade rothbrüchig geworden, dafs es seine Festigkeit und Schweifsbarkeit fast gänzlich eingebüfst hatte. Dies Verhalten des Schwefels zum Eisen zeigt auf eine sehr auffallende Weise, wie durch eine äufserst

geringe Beimischung eines fremden Körpers, die Festigkeit eines Metalles in einem hohen Grade vermindert werden kann. Ich habe Gelegenheit gehabt, Stabeisen von einer Schwedischen Eisenhütte zu untersuchen, welches wegen seiner Neigung zu Kantenbrüchen und wegen seiner verminderten Schweifbarkeit für rothbrüchiges Eisen gehalten werden mußte. Dies Stabeisen enthielt in 100,000 Theilen nur 10 Theile Schwefel, und dieser geringe Gehalt war schon hinreichend, dem Eisen den Fehler des Rothbruchs, wenn auch in einem geringen Grade, mitzutheilen.

### 3. Eisen und Arsenik.

Um den Einfluß des Arsenik auf das Eisen kennen zu lernen, habe ich beim Verfrischen von solchem Roheisen, aus welchem ohne Zusätze sehr festes und gutes Stabeisen erfolgte, einen Zusatz von 1 Procent Arsenikglas anwenden lassen. Der Frischprozeß ward dadurch ungemein verzögert, und das erhaltene Stabeisen schien eine Neigung zum Kaltbruch erhalten zu haben, verhielt sich auch härter wie gewöhnlich. Zur Analyse dieses Eisens ward Königswasser genommen und sogleich Siedhitze angewendet, um durch Anwendung von Salzsäure nicht einen möglichen Verlust von Arsenik, durch Entwicklung von Arsenik-Wasserstoffgas, zu erleiden. Der Niederschlag, welcher bei der Behandlung der sauren Auflösung mit Hydrothiongas erfolgte, bestand aus reinem Schwefel, worin nicht eine Spur von Arsenik aufgefunden werden konnte. Wenn das Eisen also wirklich etwas Arsenik aufgenommen haben sollte, so war es so wenig, daß es durch die Analyse nicht aufgefunden werden konnte. Bemerkenswerth ist es indess, daß dies Eisen, unter ganz gleichen Umständen, sich ungleich langsamer in Säuren auflöste, als das ohne Zusätze aus dem Roheisen gefrischte Stabeisen, ein Verhalten, welches auf eine Mischungsveränderung des Eisens, wenn sie auch durch die Analyse nicht hat nachgewiesen werden können, hinzudeuten scheint.

### 4. Eisen und Wismuth.

Dem Roheisen ward im Frischheerde, zur Zeit der Frischperiode, 1 Procent Wismuth zugesetzt. Auch das Wismuth verzögerte den Frischprozeß, aber das erhaltene Stabeisen zeigte durchaus keine Abnahme der Festigkeit. Durch die Analyse des Eisens ward der Wismuthgehalt zu

0,081 Procent gefunden. In 100,000 Theilen jenes Eisens befinden sich also 81 Theile Wismuth, welche auf die Festigkeit des Eisens keinen Einfluss gezeigt haben. Ob größere Beimischungen der Festigkeit des Eisens nachtheilig werden, würde noch näher zu untersuchen sein.

### 5. Eisen und Blei.

Sowohl bei einem Zusatz von 1 Procent Blei, als auch bei der Wiederholung des Versuches mit 1 Procent Glätte, statt des Bleies, zeigte sich das Eisen im Frischheerde sehr gutartig, und verhielt sich auch später, bei den mit demselben vorgenommenen Proben, eben so wie das gute und feste Stabeisen, welches beim Verfrischen ohne Zusätze aus dem Roheisen immer erhalten ward. Das Stabeisen zeigte bei der Analyse nicht eine Spur eines Bleigehaltes, und es scheint daher, daß sich das Blei, wenigstens auf solche Weise angewendet, mit dem Eisen gar nicht zu verbinden vermag.

### 6. Eisen und Zink.

Auch dieser Versuch ward in doppelter Art angestellt, indem das eine mal ein Zusatz von 1 Procent Zink, und das zweite mal ein Zusatz von 1 Procent Zinkoxyd zum Roheisen gegeben ward. Das erhaltene Stabeisen zeigte sich von demjenigen, welches aus dem Roheisen ohne Zusätze erfolgt, gar nicht verschieden. Es hatte von seiner Festigkeit nichts eingebüßt. Ein Zinkgehalt liefs sich aber auch in diesem Eisen nicht auffinden, und es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß sich das Zink mit dem Eisen unter solchen Umständen, wie sie im Frischheerde statt finden, nicht verbindet.

### 7. Eisen und Kupfer.

Das Stabeisen, welches durch einen Zusatz von 1 Procent Kupfer zu dem zu verfrischenden Roheisen erhalten ward, zeigte eine etwas, wenn gleich nicht bedeutend, geringere Festigkeit, als das Stabeisen aus dem Roheisen ohne Zusätze gewöhnlich besafs; vorzüglich aber schien die Schweifbarkeit durch den Kupferzusatz vermindert worden zu sein. Die Analyse zeigte, daß das Stabeisen 0,286 Procent Kupfer aufgenommen hatte, so daß dieses Metall auf die Festigkeit des Eisens nicht in dem hohen Grade, als es gewöhnlich behauptet wird, nachtheilig einwirkt; obgleich es die Festigkeit des Eisens in einem höheren Grade vermindert als der Phosphor.

Merkwürdig ist noch das Verhalten dieses Eisens gegen die Säuren, indem es, unter ganz gleichen Umständen, wenigstens 6 mal mehr Zeit zur Auflösung erforderte, als das reine Stabeisen aus jenem Roheisen. Dafs eine Beimischung von nur etwas mehr als  $\frac{1}{4}$  Procent Kupfer, die Auflöslichkeit des Eisens in Säuren in einem so hohen Grade vermindert, ist eine interessante Erscheinung, von welcher in manchen Fällen auch eine praktische Anwendung zu machen sein dürfte.

### 8. Eisen und Zinn.

Ein Zusatz von 1 Procent Zinn zum Roheisen, schien beim Frischprozefs selbst keine abweichenden Erscheinungen hervorzubringen. Bei der Bearbeitung des Eisens unter dem Hammer zeigte sich indefs sogleich, dafs das Stabeisen nicht allein rothbrüchig, sondern auch kaltbrüchig geworden war, und eine so grofse Verminderung seiner Festigkeit erlitten hatte, dafs es dadurch unbrauchbar ward. Die Analyse ergab, dafs das Eisen 0,19 Procent Zinn aufgenommen hatte, so dafs das Zinn die Festigkeit des Eisens in einem sehr hohen Grade vermindert. Bei einem Gehalt von nur 0,19 Procent Phosphor würde die Abnahme der Festigkeit des Eisens kaum merkbar geworden sein.

### 9. Eisen und Silber.

Zu 2 Centnern des zu verfrischenden Roheisens wurden in der Frischperiode 4 Pfund  $1\frac{1}{2}$  Loth oder  $1\frac{1}{2}$  Procent chemisch reines Silber angewendet. Das erhaltene Stabeisen verhielt sich durchaus so wie das in einem geringen Grade rothbrüchige Eisen; es erhielt Kantenbrüche und hatte an Schweifsbarkeit sehr verloren, so dafs von 10 Stäben nur 3 von Brüchen und Schiefen befreit und als brauchbar anerkannt werden konnten. Dennoch schien es in der gewöhnlichen Temperatur an der Festigkeit nichts verloren zu haben, indem es die Proben durch Schlagen und Werfen aushielt. Es scheint daher, dafs die Abnahme der Festigkeit dieses Eisens, nur eine Folge der in einem hohen Grade verminderten Schweifsbarkeit desselben sei, wie dies auch bei dem rothbrüchigen Eisen der Fall ist. — Dies Eisen löst sich in Königswasser vollkommen und ohne allen Rückstand auf. Die mit vielem Wasser verdünnte Auflösung gab mit Schwefel-Wasserstoffgas einen ungefärbten Niederschlag von Schwefel, welcher nach dem Abrösten

einen Rückstand hinterliefs, der mit Salpetersäure gekocht und dann mit etwas Kochsalzauflösung versetzt ward. Nur auf diese Weise liefs sich der geringe Silbergehalt des Eisens ausmitteln, welcher nach dem Gewicht des erhaltenen Hornsilbers berechnet ward. In 100 Theilen Eisen wurden auf diese Art 0,034 Theile Silber, oder in 100,000 Eisen nur 34 Silber gefunden. Das Silber zeigte also dieselbe Wirkung auf das Eisen, wie der Schwefel, wenn gleich nicht in einem so ausgezeichneten Grade.

#### 10. Eisen und Antimon.

Ein Zusatz von 1 Procent Antimon zu dem zu verfrischenden Roheisen schien, bei der Frischarbeit selbst, keine Veränderung hervorzubringen. Als aber zum Ausschmieden des Stabeisens geschritten werden sollte, zeigte sich das Eisen in einem so hohen Grade kaltbrüchig, dafs die Stäbe dem Arbeiter unter den Händen zersprangen. Das Eisen hatte seine Festigkeit also in einem weit höheren Grade verloren, als es durch den grössten Phosphorgehalt des, schlecht bearbeiteten, Phosphor haltenden Roheisens nur möglich gewesen wäre. Die Analyse ergab einen Antimongehalt dieses Stabeisens von 0,23 Procent, oder es befinden sich in 10,000 Theilen Eisen 23 Theile Antimon. Eisen, welches so viel Phosphor enthält, gehört noch zu den festeren Eisenarten.

Es ward mir vor einiger Zeit eine Probe Stabeisen von einer Eisenhütte in der Grafschaft Glatz, welches sich durch einen hohen Grad von Kaltbruch unvortheilhaft auszeichnete, zugesendet. Man schrieb den Mangel an Festigkeit bei diesem Eisen einem Gehalt an Arsenik zu. Die Analyse ergab einen höchst geringen Schwefelgehalt, nämlich in 100,000 Theilen Eisen etwa 1 Theil Schwefel, welcher der Festigkeit des Eisens nicht nachtheilig sein und am wenigsten zum Kaltbruch des Eisens Veranlassung geben konnte. Der Phosphorgehalt betrug 0,38 Procent, und auch dieser Gehalt an Phosphor konnte den Kaltbruch in einem so hohen Grade nicht bewirkt haben, indem Untersuchungen von vielen Eisensorten gezeigt hatten, dafs ein so geringer Phosphorgehalt noch keine merkliche Verminderung der Festigkeit des Eisens hervorbrachte. Arsenik liefs sich nicht auffinden, wohl aber ein Gehalt von 0,114 Procent Antimon. Dieser Antimongehalt ist etwa halb so grofs als der des vorhin erwähnten, absichtlich mit Antimon legirten Stabeisens, und weil jener Gehalt von 0,23 Procent

das Eisen schon vollkommen unbrauchbar machte, so konnte es keinem Zweifel unterworfen sein, daß die kaltbrüchige Beschaffenheit des Glatzer Stabeisens von dem aufgefundenen geringen Antimongehalt herrühren müsse.

### 11. Eisen und Mangan.

Daß geringe Quantitäten Mangan der Festigkeit des Eisens nicht nachtheilig sind, ist so allgemein bekannt, daß man im Gegentheil die Behauptung aufgestellt hat, das Mangan vermehre die Festigkeit des Eisens und sei ein nothwendiger Bestandtheil des besten Stahls. Diese Meinung mag ohne Zweifel daher entstanden sein, weil gewisse Arten von Eisenerzen, welche einen großen Gehalt an Manganoxydul besitzen, sehr geneigt sind, Stahl oder stahlartiges Eisen zu geben. Dieser Erfolg beruht indess auf ganz anderen Gründen, denn der Mangangehalt des Roheisens wird bei der Verarbeitung desselben zu Stahl fast gänzlich abgeschieden. Ich habe häufig Stabeisen mit einem ungleich größeren Gehalt an Mangan gefunden, als in dem besten verarbeiteten Rohstahl vorhanden ist. Das Mangan trägt also zur stahlartigen Beschaffenheit des Eisens gewiß nichts bei; allein es scheint der Festigkeit des Eisens auch gar nicht nachtheilig zu sein, wenigstens nicht bis zu einem Gehalt von 1,85 Procent, welches der höchste Mangangehalt ist, den ich bisjetzt im Stabeisen gefunden habe.

### 12. Eisen und Silicium.

Wenn dem Roheisen beim Verfrischen reiner Quarzsand zugesetzt wird, so entsteht daraus zwar eine Verzögerung der Frischarbeit, wegen des in großer Menge sich bildenden Eisenoxydul-Silikats; allein auf die Beschaffenheit des Stabeisens ist dieser Zusatz ohne alle Wirkung, wenigstens läßt sich keine Verminderung der Festigkeit des Eisens bemerken. Es scheint also, daß die Kieselerde auf diese Weise nicht reducirt wird, auch ließen sich bei der Analyse des Stabeisens nicht stärkere Spuren von Kieselerde auffinden, als in dem festesten und besten Stabeisen fast beständig angetroffen werden.

Ich habe indess sehr häufig sogenanntes faulbrüchiges Stabeisen, nämlich Eisen, welches nur einen geringen Grad von Festigkeit besitzt und sich dabei sehr weich verhält, zu untersuchen Gelegenheit gehabt und in diesem Eisen, aufser einem geringen Gehalt von Phosphor, welcher auf die Festig-

keit des Eisens keinen Einfluss haben konnte, und aufser einigen Spuren von Thonerde, keine andere fremdartige Beimischung finden können, als Kieselerde, deren Gehalt zuweilen bis  $\frac{3}{4}$  Procent stieg, welcher einem Siliciumgehalt von etwa 0,37 Procent entspricht. Ein so geringer Gehalt von Kieselerde löst sich in Säuren größtentheils mit auf und es lässt sich daher auf die Abwesenheit der Kieselerde nicht schließen, wenn die Säuren keinen Rückstand hinterlassen. Die saure Anflösung muss vielmehr mit Weinsteinsäure versetzt, dann mit Ätzammoniak übersättigt und das Eisen, nebst dem Mangan, durch Hydrothion-Ammoniak niedergeschlagen werden, worauf sich dann die Kieselerde in der Flüssigkeit findet, aus welcher sie durch Abdampfen, durch Verflüchtigen der ammoniakalischen Salze und durch Einäschern des kohligen Rückstandes dargestellt werden kann.

### 13. Eisen und Aluminium.

Drei verschiedene Versuche mit Zusatz von Thon zum Roheisen, welche ich im Großen habe anstellen lassen, um den Einfluss auszumitteln, welchen die Thonerde beim Verfrischen des Roheisens auf das darzustellende Stabeisen äußern würde, haben ganz dasselbe Resultat gegeben, welches bei einem Zusatz von reinem Quarzsand erhalten wird. Auf die Festigkeit des Eisens ist dieser Zusatz nämlich ohne einen auffallend nachtheiligen Einfluss gewesen, auch haben sich bei der Analyse des Stabeisens kaum Spuren von Thonerde auffinden lassen wollen, obgleich der ganze Aluminiumgehalt durch dasselbe Verfahren, dessen so eben bei der Ausmittlung des Kieselerdengehaltes erwähnt worden, ohne allen Verlust hätte dargestellt werden können.

Eben so wenig habe ich in den bisher von mir untersuchten verschiedene Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl, einen wägbaren Gehalt, sondern immer nur Spuren von Thonerde, auffinden können, wodurch es mir zweifelhaft wird, ob sich die Thonerde bei den gewöhnlichen Eisenbereitungsprozessen überhaupt reducirt und als Metall mit dem Eisen in Verbindung tritt. Sollte dies aber der Fall sein, so muss das Aluminium die Festigkeit des Eisens in einem hohen Grade vermindern, indem sich die stärksten Spuren von Thonerde bei dem faulbrüchigen Eisen zeigen. Die von dem Hrn. Faraday vor einigen Jahren bekannt gemachte Analyse des ostindischen Stahls oder des sogenannten Wootz, giebt Resultate, die von meinen Erfah-

rungen ungemein abweichen. Hr. Faraday hat in diesem Stahl 0,024 bis 1,3 Procent Thonerde gefunden und dem Thonerdenmetall die vortreflichen Eigenschaften des Wootz zugeschrieben, auf dem Grund dieser Analyse auch eine Vorschrift zur künstlichen Bereitung des Wootz mitgetheilt. Hiernach würde das Aluminium unter allen bisher genannten Körpern, das Mangan allein ausgenommen, das einzige Metall sein, durch dessen Beimischung die Festigkeit des Eisens wenigstens nicht vermindert wird. Hr. Faraday bemerkt ausdrücklich, dafs der Körper, den er für Thonerde erkannt habe, in Ätzkali auflöslich und dafs durch einen Zusatz von Schwefelsäure Alaun gebildet worden sei. Dafs Hr. Faraday also wirklich Thonerde gefunden hat, kann nach diesen so bestimmten Angaben gar nicht bezweifelt werden, obgleich es ungemein auffallen mufs, dafs die Auflösung des Wootz in Königswasser nichts als Eisen enthielt und dafs der ganze Thonerdengehalt in dem Rückstande gefunden ward; ein Verhalten, welches den Eigenschaften der Thonerde keinesweges angemessen ist. Die Analyse eines Stückes Wootz, von dessen Ächtheit ich überzeugt war, hat mir ganz andere Resultate gegeben. Dieser Stahl löste sich vollkommen in Königswasser auf, indem er nur einige Spuren von Kieselerde hinterliefs. Aus der sauren Auflösung wurden das Eisen und das Mangan — von welchem letzteren kaum 0,1 Procent vorhanden waren — auf die oben angegebene Weise entfernt und die Auflösung ward alsdann näher untersucht. Nach dem Einäschern des verkohlten Rückstandes, erhielt ich 0,54 Procent weifse Asche, welche aus Phosphorsäure, Kieselerde, Titanoxyd und mit Sicherheit nicht erkennbaren Spuren von Thonerde bestand. Es ergibt sich hieraus also, dafs in dem von mir untersuchten Wootz höchstens nur eine Spur von Aluminium vorhanden war und dafs ein geringer Gehalt an Aluminium, wenigstens nicht immer, die Ursache der vortreflichen Beschaffenheit des ostindischen Stahls nicht sein kann, so dafs der günstige Einflufs des Aluminium auf die Festigkeit des Eisens noch so sehr problematisch bleibt, dafs vielmehr ein entgegengesetztes Verhalten höchst wahrscheinlich wird.

#### 14. Eisen und Calcium.

Frischversuche mit Zusätzen von dem reinsten carrarischen Marmor haben gezeigt, dafs die Festigkeit des dargestellten Stabeisens durch Kalkzusätze nicht allein nicht vermindert, sondern, nach dem Ausfall der stärk-

sten Proben zu urtheilen, sogar erhöht wird. Aber weit entfernt, aus diesem Erfolge auf einen günstigen Einfluss des Calcium auf die Festigkeit des Eisens zu schliessen, ergab sich vielmehr bei der Analyse, dass das Eisen keine Spur von Calcium enthielt, und dass die Wirkung des Marmors nur darin bestanden hatte, den geringen Phosphorgehalt des Eisens noch mehr zu vermindern.

Bei anderen Frischprozessen indefs, bei welchen der kohlensaure Kalk in grosser Menge angewendet und während der ganzen Dauer der eigentlichen Frischarbeit zugesetzt wird, zeigt sich wirklich eine Abnahme der Festigkeit des Eisens, welche sich durch die Verminderung der Schweissbarkeit und durch das Aufspalten der Stäbe unter dem Hammer zu erkennen giebt. Das Eisen wird dabei weder roth- noch kaltbrüchig, aber der Zusammenhang der Theile wird durch den Mangel der Schweissbarkeit theilweise aufgehoben. Man pflegt ein solches Eisen gewöhnlich hadriges Eisen zu nennen. In einem solchen, durch zu starke Kalkzusätze hadrig gewordenen Eisen, wurden durch die Analyse 0,245 Procent Kalkerde aufgefunden. Dieser Kalkerdengehalt entspricht einem Gehalt von 0,1774 Procent Calcium und diese geringe Beimischung von Calcium ist schon hinreichend, den Zusammenhang der Theile des Eisens bedeutend zu vermindern.

In verschiedenen Roheisenarten, welche aus Eisenerzen dargestellt werden, die eines starken Kalkzuschlages beim Verschmelzen bedürfen, finden sich auch wohl Spuren von Kalkerde; indefs scheint sich das Calcium doch nur selten und nur in besonderen Fällen mit dem Eisen zu verbinden.

### 15. Eisen und Magnesium.

Nur in einigen Roheisenarten, aber niemals in dem von mir untersuchten Stabeisen, habe ich Spuren von Magnesium gefunden, so dass ich über den Einfluss des Magnesium auf die Festigkeit des Eisens nicht urtheilen kann.

### 16. Eisen und Kalium und Natrium.

Die Alkalien verhalten sich, wenn sie beim Verfrischen des Roheisens angewendet werden, wie der kohlensaure Kalk. Die Festigkeit des Eisens

scheint durch den Zusatz von 1 bis 2 Procent von den kohlen sauren Alkalien erhöht zu werden, jedoch nur aus demselben Grunde, der oben bei der Anwendung des kohlen sauren Kalkes angeführt worden ist. Fährt man mit dem Zusatz während der ganzen Dauer der Frischperiode fort, so vermindert sich die Festigkeit des Stabeisens sehr bedeutend und es wird kaltbrüchig. In einem solchen Stabeisen liefsen sich jedoch nur so geringe Spuren von Alkali auffinden, dafs eine quantitative Bestimmung des Gehaltes unmöglich war. Dafs eine so äufserst unbedeutende Beimischung von Alkalimetallen das Eisen kaltbrüchig mache, kann daher nicht als erwiesen angesehen werden, obgleich das Verhalten des Schwefels und des Silbers darauf hinweist, dafs es in manchen Fällen nur äufserst geringer Beimischungen bedarf, um die Festigkeit des Eisens zu vermindern.

Aus allen diesen Untersuchungen ergibt sich das, für die Eisenbereitung im Grofsen sehr unerfreuliche Resultat, dafs Minima von fremdartigen Beimischungen die Festigkeit des Stabeisens schon in einem sehr hohen Grade vermindern können. Dafs Mangan, Zink und Phosphor, welche vielleicht die häufigsten Begleiter der Eisenerze sind, am wenigsten nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens wirken, ist ein höchst glücklicher Umstand, ohne welchen es nicht möglich sein würde, dies unentbehrliche Metall mit geringen Kosten darzustellen. Zwar ist der Schwefel ein eben so häufiger Begleiter der Eisenerze, aber glücklicherweise wird man durch das chemische Verhalten dieses Körpers in den Stand gesetzt, ihn vor der Verarbeitung der Eisenerze zum gröfsten Theil zu entfernen und einen anderen Theil in die Schlacke zu bringen. Dennoch werden aber diejenigen Eisenerze, denen viel Schwefelsalze mechanisch beigemischt sind, zur Benutzung ganz unbrauchbar. Fast unmöglich würde es dagegen sein, ein untadelhaftes, festes Eisen im Grofsen darzustellen, wenn Silber, Kupfer, Arsenik, Zinn oder Antimon stets in Verbindung oder gemengt mit den Eisenerzen vorkämen. Ein solches Vorkommen gehört glücklicherweise zu dem sehr seltenen; wo es aber statt findet, da wird es schwerlich gelingen, jemals ein festes Stabeisen zu erzeugen. Kieselerde und Thonerde, diese steten Begleiter der Eisenerze, wirken zwar ebenfalls sehr nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens; aber sie lassen sich doch bei einer sorgfältigen Arbeit, wenn gleich nicht ohne Verlust an Eisen, bei dem Frischprozeß abscheiden, so

dafs sie noch die Möglichkeit der Darstellung eines festen Eisens, wenn gleich nur mit einem gröfseren Kostenaufwande, gestatten.

Mit diesen Erfahrungen stehen die Resultate im Widerspruch, welche die Herren Faraday und Stodart vor einigen Jahren aus ihren Versuchen gezogen haben. Sie fanden kein einziges Metall, welches, in kleinen Quantitäten angewendet, der Beschaffenheit des Stahls nachtheilig gewesen wäre. Die mehrsten Legirungen trugen vielmehr dazu bei, die Güte des Stahls zu verbessern. Ganz vorzüglich gut sollen sich die mit Silber und Aluminium legirten Stahlarten verhalten haben. Dieser Widerspruch läfst sich nur dadurch heben, dafs man den Verbindungszustand der Metalle näher ins Auge fafst. Die von den Herren Stodart und Faraday dargestellten Legirungen, sind gewifs keine Legirungen, sondern nur Gemenge und in einzelnen Fällen vielleicht bestimmte Verbindungen des Legirungsmetalles mit Eisen, gemengt mit der übrigen Masse des Stahls. Die Damastzeichnungen, welche alle diese Stahlarten beim Beitzen mit Säuren gegeben haben, so wie die Erscheinungen, welche sich beim Auflösen dieser Stahlarten in Säuren darboten, setzen es aufser Zweifel, dafs sich das Eisen, die Kohle und das angewendete Legirungsmetall, nicht in gleichartiger chemischer Verbindung durch die ganze Masse befinden konnten. Unbezweifelt hat die Kohle, die im Stahl schon mit dem Eisen vereinigt war, diese chemische Verbindung des Legirungsmetalles mit dem Stahl verhindert, so dafs nur Gemenge von Stahl mit dem Legirungsmetall, oder von Stahl mit einer wirklichen Verbindung des Legirungsmetalles mit einer kleinen Quantität Eisen, entstehen konnten.

Wenn sich dagegen nicht blofs die Festigkeit und Härte des Eisens, sondern zum Theil auch sogar die Farbe desselben ändert und wenn die Auflöslichkeit in den Säuren so bedeutend vermindert wird, wie es bei den mehrsten von den hier angeführten Legirungen der Fall ist; so darf wohl nicht daran gezweifelt werden, dafs beide Metalle sich in chemischer Vereinigung mit einander befinden, obgleich es höchst merkwürdig bleibt, dafs nicht blofs das physikalische, sondern auch das chemische Verhalten eines Körpers, schon durch ein Minimum einer Beimischung sehr wesentlich verändert werden kann. Weil sich aber der Cohäsionszustand eines Metalles, schon durch so überaus geringe Beimischungen eines fremden Körpers in einem hohen Grade verändert, so kann es nicht mehr befremden, wenn

Beimischungen von mehreren Procenten im Stande sind, Abänderungen in der ganzen äusseren Form des Körpers hervorzubringen, die sich in manchen Fällen durch veränderte Krystallgestalt zu erkennen geben kann.

Unter allen Körpern die hier genannt worden sind, ist kein einziger, von dem sich behaupten liesse, dafs er die Festigkeit des Eisens vergrössere, selbst wenn er dem Eisen nur im *Minimo* beigemischt ist. Grössere Beimischungen müfsten daher noch einen nachtheiligeren Einflufs auf die Festigkeit des Eisens hervorbringen. Es ergibt sich daraus, was von den vielen, in neueren Zeiten in Vorschlag gebrachten Legirungen des Eisens und des Stahls, zu halten ist. Die sogenannten Legirungen des Stahls mit Aluminium, Silber, Platin, Chrom, Nickel u. s. f. sind nur mechanische Gemenge, welche nicht dazu beitragen, die Festigkeit des Stahls zu vermehren; obgleich sie, unter besonderen Umständen, gestatten, dafs dem Stahl, auf Unkosten seiner Festigkeit, eine grössere Härtung gegeben werden kann, als sonst der Natur desselben angemessen sein würde.

Merkwürdig bleibt es aber, dafs die Kohle — welche, im *Maximo* ihrer Verbindung mit dem Eisen, die Festigkeit desselben wenigstens um  $\frac{3}{4}$  vermindert — dem Eisen wirklich eine grössere Festigkeit zu ertheilen scheint, wenn der Kohlegehalt des Eisens nicht viel über  $\frac{1}{2}$  Procent beträgt. Vielleicht ist dieser Erfolg nur der durch den Kohlegehalt verminderten Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit des Eisens zuzuschreiben, indem alle Versuche zur Ausmittlung der Festigkeit der Körper nur auf solche Weise angestellt werden können, dafs der Körper dabei ausgedehnt oder zusammengedrückt wird. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, dafs die relative Festigkeit des weissen Roheisens in einem sehr hohen Grade grösser ist, als die relative Festigkeit des Stahls, des grauen Roheisens und des Stabeisens, obgleich das weisse Roheisen, von allen Eisenarten die geringste absolute und respektive Festigkeit besitzt.





Die Werke von Maregrave und Piso  
über  
die Naturgeschichte Brasiliens,  
erläutert  
aus den Original-Abbildungen  
von  
H<sup>rn</sup>. LICHTENSTEIN. \*)

IV. F i s c h e.

Fortsetzung der am 27. Juni 1821 gelesenen Abhandlung

Cap. VIII. p. 155.

*Acarapitamba*. Das Original des hier gegebenen Holzschnitts (L. P. I, 355.) ist von Bloch unter dem Namen *Sparus chrysurus* auf seiner 262<sup>ten</sup> Taf. in doppelter Vergrößerung ziemlich gut copirt, nur zeigt dasselbe den Mittel- und Bauchstreif mit Gold aufgehöht und den übrigen Leib mit jenen schönen glänzenden Punkten bedeckt, von welchen im Text die Rede ist. Am wenigsten gelungen ist die Nachbildung des Kopfs, dessen Kiemendeckel in den beiden letzten Lamellen deutlich zugespitzt erscheinen, da sie in der Copie, so wie selbst in dem nach dieser Zeichnung gemachten Holzschnitt Maregrave's nicht nur stumpf, sondern zugerundet und aufgetrieben vorgestellt sind. Immer wird die Annahme, es sei dieser Fisch eine Art der Gattung *Sparus* willkürlich erscheinen müssen, da zu Vieles, worauf ich hier nicht ausdrücklich aufmerksam zu machen brauche, indem Bloch's übrigens und besonders den Umrissen nach gut nachgeahmter Kupferstich vorliegt, von den allgemeinen Kennzeichen abweicht, mit welchen man die Gattung *Sparus* zu charakterisiren pflegt.

Zu welcher andern Gattung der neuern Systeme aber dieser Fisch zu zählen sein dürfe, wird fürerst schwer zu entscheiden sein, da bis jetzt meines Wissens noch kein Exemplar desselben in die Europäischen Sammlungen

---

\*) Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 10. August 1826.

gekommen ist. Vielleicht möchte er entweder der Gattung *Sciaena* oder der der Gattung *Otolithes* zuzuzählen sein, denn das die Kiemendeckel nackt seien, läßt sich aus der Abbildung keinesweges abnehmen, vielmehr sind sie ganz mit derselben feingestrichelten Zeichnung dargestellt, die auf dem Leib die feine Schuppenbildung versinnlichen soll. Überhaupt hat Bloch in der Beschreibung dieses seines *Sparus chrysurus*, die ganz allein auf dieser Abbildung beruht, abermals die große Flüchtigkeit gezeigt, der man ihn leider so oft beschuldigen muß, und so z. B. von den Augen etwas gesagt das nicht nur gegen Maregrave's Worte und jene Originalabbildung, sondern sogar gegen seine eigene Abbildung streitet. Richtig giebt er den Namen *Acarapitangiaba* als den, mit welchem die Abbildung des Prinzen bezeichnet ist. Piso dagegen (p. 51.) nennt diesen Fisch *Acarapitamba* unter Wiederholung des Maregraveschen Holzschnitts; mit diesem Namen aber ist in der Sammlung der Ölgemälde I. M. p. 187. ein ganz anderer Fisch bezeichnet, in welchem wir wohl ziemlich unverkennbar eine Art der Gattung *Sciaena* erblicken, die an Größe und Gestalt noch die mehrste Ähnlichkeit mit einer uns aus Brasilien zugekommenen neuen Art: *Sciaena aurata* N. hat. Piso's Beschreibung, indem sie von der Maregraveschen in so vieler Hinsicht abweicht, und den Fisch einem Karpfen vergleicht, scheint sich in der That auch, zum Theil wenigstens, auf ihn zu beziehen. Von dem hier bei dem Holzschnitt hinzugefügten Schmarotzer findet sich nirgends eine Originalabbildung, es muß also unentschieden bleiben, ob man eine *Cymothoa* oder irgend eine andere Form von Onisciden darin erkennen soll.

*Jaguaçaguare*. Linné bezieht diesen Namen (S. N. XII, p. 466.) auf den von ihm in seinen andern Werken aufgestellten *Chaetodon saxatilis*, welchen Bloch Tab. 206. Fig. 2. abgebildet und III, p. 96. beschrieben hat, wo, wie es scheint, unbegreifliche Verwechselungen dieses Fisches mit dem *Gasterosteus ductor* vorgehn. Die Exemplare der Bloch'schen Sammlung, die mit der Abbildung übereinstimmen, gehören unläugbar der Gattung *Glyphisodon* an, zu welcher Cuvier mit Recht auch die verwandten Species *Ch. maculatus*, *Ch. bengalensis*, *Ch. marginatus* u. s. w. zählt, und dabei die Vermuthung aufstellt, das sie theilweise wohl in einander übergehen dürften. Der Holzschnitt, den Piso wiederholt, ist nicht von einer Originalabbildung entlehnt, die noch vorhanden wäre, stimmt aber so genau mit der Beschreibung, das man an keine Verwechslung denken kann.

Dagegen ist eine Zeichnung unter dem Namen *Jaguaçaguare* (L. P. I, p. 345.) vorhanden, die Bloch als eigne Species mit dem Namen *Chaetodon Mauritii* (Tab. 213. Fig. 1.) vorgestellt hat, die aber hauptsächlich nur darin abweicht, dafs statt der 5 schwarzen Querstreifen 6 und zwar schmälere vorhanden sind. Auch hier hat sich Bloch mancherlei Willkürlichkeit erlaubt, z. B. 11 harte Strahlen in der Rückenflosse angegeben, da doch nur 10 vorhanden sind, die Haut zwischen denselben verlängert, den weichen Flossenthail vergrößert, und nun vollends die Afterflosse mit einer bestimmten Zahl von Strahlen in ein angemesseneres Verhältniß zur Rückenflosse gesetzt und abgerundet, da sie doch in der Zeichnung nur in Gestalt eines kleinen Dreiecks und wie ganz ohne Strahlen angedeutet ist. Indem nun die Zahl der farbigen Rückenstreifen wohl schwerlich als ein ganz constantes Merkmal zu betrachten sein dürfte, und da überdies die Abbildung des Prinzen den Marcgraveschen Namen führt, so möchte sich das Urtheil wohl rechtfertigen, dafs der *Chaetodon Mauritii* nicht eine vom *Ch. saxatilis* wesentlich verschiedene Art sei. Neben dem Bilde steht von des Prinzen eigener Hand geschrieben: 1 Fufs groß. Bloch's Angabe, dafs er 2 Fufs lang werde, ist also ganz unbegründet.

*Curimata*. Diese Stelle wird von Bloch VIII, p. 105. zu seinem Tab. 381. F. 3. abgebildeten *Salmo unimaculatus* gezogen; in dem *Syst. Ichthyol.* erscheint der Fisch dann als eigne Species unter dem Namen *Salmo Curimata*, und der *Charax Gronov's*, der von Bloch beim *S. unimaculatus* citirt ist, wird nun als hierhergehörig angeführt. Die Diagnose spricht wahrscheinlich deshalb abermals von einem runden schwarzen Fleck auf der Seite, der aber weder in den Abbildungen, noch im Marcgraveschen Text erwähnt wird. Das Original zu dem hier beigefügten Holzschnitt findet sich in der Menzelschen Sammlung p. 205. und heifst hier *Curemata*; es ist eine der schlechtesten Abbildungen, die nur vorläufig angelegt und unvollendet zu sein scheint; letzteres trifft besonders den Kopf, dessen abentheuerliche Gestalt in dem Holzschnitt einigermaßen verbessert hat wiedergegeben werden sollen. Aus beiden wird nun so viel ersichtlich, dafs dieser Fisch ebensowenig Bloch's *S. unimaculatus* als der *Charax Gronov's* sein könne, und dafs, wenn man eine Species darauf gründen wollte, hier eine durchaus andere Diagnose gegeben werden müßte, die aber jedenfalls nur unvollständig ausfallen könnte, weil hier ebensowenig etwas von einer Seitenlinie als von

einem Seitenfleck zu sehen ist. Ich glaube noch bemerken zu müssen, daß an den Exemplaren der Bloch'schen Sammlung, von welchen Bloch seine Abbildung des *S. uniuac.* nehmen liefs, ein heller Silberstreif, fast von der Breite des Augendurchmessers die Seitenlinie begleitet, der ebensowenig in der Abbildung als im Text eine Andeutung erfährt. Das größte der Bloch'schen Exemplare hat nur 4 Zoll. Die Abbildung des *Curimata* mißt 9 Zoll.

*Pirametara.* Dieser Fisch ist von Gmelin als bloße Varietät von *Mullus surmuletus* betrachtet, von Bloch mit Recht zu einer eigenen Species unter dem Namen *M. maculatus* erhoben, und von Maregrave so ausführlich beschrieben, daß, da er überdies auch von Klein gekannt ist, kein Zweifel über ihn Statt finden kann. Die Bloch'sche Abbildung Tab. 348. ist nach der Originalabbildung des Prinzen (II. 364.) gemacht worden, und weicht nur darin von ihr ab, daß 1) die Flossen nach Bloch's gewohnter Weise vollständig und mit einer bestimmten Zahl von Strahlen ausgemalt sind, die sich schwerlich aus dem Original wird rechtfertigen lassen, 2) daß die 3 großen schwarzen Flecken weiter auseinander, und der letzte der hintern Rückenflosse näher, stehen; endlich daß der im Text angegebene und auch in der Abbildung sehr deutlich ausgedrückte Goldsaum des Schwanzendes ganz übersehen worden ist; auch ist dieses Original um  $\frac{1}{3}$  kleiner als Bloch's Copie. Der dem Original treuer nachgebildete Holzschnitt dieses Fisches ist am Ende des 18. Cap. im Maregr. hinzugefügt.

#### Cap. IX. p. 157.

*Tareira d'Alto.* Es ist noch von Niemand versucht, diese Stelle zu deuten, obgleich ein Holzschnitt hinzugefügt ist, in welchem man eine Art der Gattung *Sphyraena* ohne großes Bedenken vermuthen darf, und ohne daß im Text etwas gesagt wäre, was gegen diese Vermuthung stritte. Allein leider ist gar keine Originalabbildung zu diesem Holzschnitt zu finden, und der Gedanke, daß die *Sphyraena vulgaris* (*Esox sphyraena* Lin.) damit gemeint sein könne, läßt sich nur aus den Umstand rechtfertigen, daß dieser an den Brasilischen Küsten sehr gemeine Fisch, der unserm Maregrave gewiß nicht unbekannt geblieben sein kann, von ihm an keiner andern Stelle erwähnt wird; jedoch läßt sich dagegen sagen, daß die Kopfform, die Umrisse des Leibes und die Verhältnisse der Flossen nicht vollkommen getroffen sind, und daß uns wenigstens von keinem andern Reisenden bis jetzt etwas

von den schönen Farben berichtet worden ist, deren Marcgrave erwähnt. Unter solchen Zweifeln muß die Entscheidung späterer Forschung anheim gestellt bleiben.

*Taveira de Rio.* Dieser Fisch dagegen ist schon aus der Beschreibung sehr leicht und deutlich für den *Synodus Taveira* des *Syst. Ichthyol.* oder *Erythrinus Taveira* Gron. Cuvier zu erkennen; wiewohl der Holzschnitt manches Abweichende in Gröfse und Stellung der Flossen zeigt. Das Original desselben steht aber unter demselben Namen L. P. I, 373, und giebt die Flossen in ihrer richtigen Stellung und Gröfse zu erkennen. Man lernt auch aus diesem Beispiel, wie wenig genau die Künstler welchen de Laet die Anfertigung der Holzschnitte übertrug beim Nachahmen ihrer Vorbilder verfahren sind. Eine andere Abbildung findet sich I. M. I, p. 213.

*Piratiapia.* Die Originalabbildung dieses Fisches ist von Bloch auf seiner 229<sup>ten</sup> Tafel, der er den Namen *Bodianus Apoa* hinzufügt, ziemlich gut wiedergegeben worden, nur sind die schwarzen Rückenflecken zu klein und zu regelmäfsig in 2 Reihen gestellt worden; auch ist an der vorderen Kiemendeckelplatte ein ausspringender Winkel, der in dem Original vermisst wird, und der wenn er wirklich so vorhanden wäre, es bedenklich machen könnte, diese Art unter die Gattung *Bodianus* zu stellen, von welcher der *Piratiapoa*, denn so heifst er im Original (Piso schreibt aber *Piratiapua*) noch in so manchen andern Punkten abweicht, daß wohl schwerlich sein rechter Platz im System eher auszumitteln sein wird, als bis man ihn selbst genauer kennt.

*Ceixupira.* Nachdem diese Stelle von Willughby, Ray und Johnston abgeschrieben war, und der Brasilische Namen dadurch schon einige Celebrität gewonnen hatte, ist er zuerst von Klein unter den Scomber-Arten aufgeführt, dann von Bloch mit dem Namen *Scomber niger* belegt, unter Beziehung auf *Barbot*, der einen ähnlichen Fisch an der Afrikanischen Küste entdeckt hatte. Bloch's Abbildung (Tab. 337.) hat die Originalzeichnung (L. P. I, 331.) nicht ganz treu wiedergegeben. Sie zeigt nemlich 6 freie Stacheln vor der Rückenflosse, Bloch giebt dem Fisch deren 8 nach Anleitung des Marcgraveschen Textes. Ihr fehlen ferner die Bauchflossen gänzlich, wiewohl sie auch durch die herabgezogenen Brustflossen versteckt sein können, Bloch läfst diese letztern von seinem Zeichner an dem Leib des Fisches gehörig zurecht legen, und die Bauchflossen

wie sie Marcgrave beschreibt, weiß mit schwarzer Einfassung hinzumalen. Es verdient jedoch bemerkt zu werden, daß uns aus Brasilien ein ächter *Scomber*, dem die Bauchflossen fehlen und der in unserm Museum *Sc. apus* heißt, zugekommen, der aber übrigens mit diesem *Sc. niger* gar keine Ähnlichkeit hat.

Cap. X. p. 158.

*Guamajacu guará.* Mit dem Namen *Guamajacu* oder, wie es bei den Originalabbildungen geschrieben wird (was aber gleichbedeutend ist, vergl. Marcgr. p. 275, II.), *Guambajacu*, wird in dem Brasilianischen Dialekt der Tupis, den Marcgrave gebraucht, die Gattung der Stachelfische, *Diodon*, belegt, und Marcgrave beschreibt davon hier 2 Arten, nemlich den *Guamajacu guará* und den *Guamajacu ati*, weiterhin (p. 168.) kommt noch ein *Guamajacu atinga* vor. Linné hat diese Namen und die hier gegebenen Beschreibungen, als er die Gattung *Diodon* in seiner 10<sup>ten</sup> Ausgabe aufstellte, unberücksichtigt gelassen, und sich begnügt zu wiederholen, was Seba, Artedi, besonders aber Gronovius darüber angenommen hatten. Diesen ist nun der erstgenannte von diesen dreien der ächte *D. hystrix*, den zweiten, weil er hier ohne Abbildung, und selbst ohne Namen erscheint, übergehen sie ganz; aus dem dritten machen sie die Species *D. Atinga*. Bloch führt nun beide diese Species unter den hier angegebenen Namen ohne Berücksichtigung der von Marcgrave gegebenen Notizen, in seinem Fisch-Werke auf, und bildet sie nach den Exemplaren seiner Sammlung ab, fügt auch eine dritte Art unter dem Namen *D. orbicularis* hinzu; diese letztere will Schneider (*S. Ichthyol.* p. 512.) wieder mit *D. hystrix* vereinigen, giebt aber dagegen wieder eine neue Art, unter dem Namen *D. geometricus*, mit einer Abbildung nach einem Exemplar der Blochschen Sammlung, fügt auch kritische Notizen von einigen zweifelhaften Species in den Nachträgen hinzu. Dies alles berechtigt Cuvier wohl hinreichend zu dem (*R. An. II.* p. 147.) gemachten Ausspruch, daß die Arten dieser Gattung bis jetzt keinesweges hinreichend unterschieden worden seien. In der That bedürfen sie einer wiederholten recht genauen Bearbeitung, die aber nur mit Hülfe einer sehr reichen Sammlung von ihnen mit einigem Erfolg zu unternehmen sein dürfte, und zu welcher auch ohnehin hier der Ort nicht wäre. Nur so viel will ich bemerken, daß Bloch's *D. Atinga* und *D. hystrix* schwerlich einige wesentliche Verschiedenheit haben dürften, indem sein

*D. hystrix* nur der mehr aufgeblasene *D. Atinga* zu sein scheint; weshalb denn auch Schneider um so mehr irrt, wenn er den in der That ganz wesentlich unterschiedenen *D. orbicularis* (einen nach meiner Vermuthung den ostindischen Gewässern angehörigen Fisch) mit demselben vereinigen will.

Der *Guamajacu guara* nun, dessen Abbildung in den Büchern des Prinzen II, p.304. unter dem wahrscheinlich irrigen Namen *Guambajacu ati* gegeben wird, scheint nach dieser und der Marcgraveschen Beschreibung dazu, in der That nichts anders als was Linné und seine Vorgänger *D. hystrix* genannt haben, insofern diese Alle darunter die langstreckige Art mit besonders an den Seiten langen rundlichen Stacheln verstehen, und die kugeligere Form mit kürzeren dreiseitigen Stacheln *Atinga* nennen, indessen Bloch diese Namen grade im entgegengesetzten Sinne anwendet. Ich darf nicht mit Stillschweigen übergehen, dafs, wiewohl der Marcgravesche Holzschnitt, den Piso p.300. wiederholt, unlängbar nach der oben angeführten Originalabbildung verfertigt worden ist, er dennoch sie nur unvollkommen wiedergiebt, indem er die Mundöffnung kaum andeutet, und statt der dicht gedrängten, besonders an der Seite längern Stacheln sie alle von gleicher Länge, viel dicker und zerstreuter stehend darstellt. Die Dimensionen sind vom Prinzen Moritz auf  $1\frac{1}{2}$  Fufs Länge und 1 Fufs Umfang angegeben.

Indessen nun noch eine zu erwartende kritische Bearbeitung bei diesem Fisch manche Schwierigkeit zu überwinden haben wird, lösen sich die Zweifel wegen der folgenden desto leichter und befriedigender. Zu den ohne Namen und Abbildung hier gegebenen Worten: *Habui alium* u.s.w. findet sich nemlich eine Abbildung L. P. II, 382. mit dem Namen *Guambajacu ati*, deren Kennzeichen sehr gut mit denen des *D. geometricus* Schneid. übereinstimmen, wenn man annimmt, dafs die grünliche Farbe, von der Marcgrave spricht, an dem noch jetzt in unserer Sammlung befindlichen Exemplar, das auf der 96<sup>ten</sup> Tafel des *Syst. Ichthyol.* in viel zu lebhaften Farben abgebildet ist, durch Ausbleichen verloren gegangen sei. Die beiden häutigen Fortsätze über den Augen, deren Marcgrave erwähnt, sind noch jetzt deutlich an unserm Exemplar zu erkennen. Schneider dagegen, ohne das Zutreffen dieser Stelle auf seinen *D. geometricus* zu bemerken, spricht von röhrenförmigen Nasenlöchern, die allerdings da sind, aber wohl eben nicht länger als bei den andern Arten dieser Gattung auch, und die er deshalb

auf der Zeichnung nicht so auffallend hätte hervorheben sollen. Was Marcgrave meint, sind dagegen ein Paar zugespitzte Hautfäden, die neben dem vordern Stachel über dem Augenrande stehen, und ganz ähnliche finden sich demnächst auch noch neben einigen Stacheln an den Seiten des Hinterleibes. Die Originalabbildung gehört übrigens zu den unvollkommeneren, wiewohl die schwarzen Flecken nach ihrer Stellung und ihrem Umfang richtig angedeutet sind. Der Prinz giebt dem Fisch einen Umfang von 1 Fufs.

Es scheint zweckmäfsig hier gleich auch von der dritten Art zu reden, wiewohl diese erst im 14. Cap. p. 168. unter dem Namen *Guamajacu atinga* von Marcgrave abgehandelt wird. Der merkwürdige Umstand, dafs nach den sehr bestimmten Worten Marcgrave's die Bauchseite ohne Stacheln und weich wie die Haut eines Frosches sein soll, wie es auch der Holzschnitt und das Original desselben L. P. I, p. 303. und unter dem Namen *Guamayacu atinga* andeuten, macht es sehr zweifelhaft, ob der Name *Atinga* nicht von allen bisherigen Schriftstellern sehr mißbräuchlicher Weise auf eine der oben erwähnten ganz mit Stacheln umgebenen Arten angewendet worden sei. Diese Nacktheit, die meines Wissens an keiner bis jetzt bekannten Art dieser Gattung bemerkt worden ist, einem jugendlichen Zustand zuzuschreiben, verbieten sowohl die von Marcgrave als dem Prinzen angegebenen Dimensionen, die nach Letzterem bis zu einer Länge von  $1\frac{1}{2}$  Fufs sollen betragen können. Die ganze Stelle bleibt also durch etwanige spätere Entdeckung einer solchen Art noch zu erläutern, und es wird genug sein, zu diesem Behuf hier noch zu bemerken, dafs die Originalzeichnung die Farbe des Fisches auf der Oberseite blau-grau marmorirt, auf der untern röthlich darstellt, indessen sämmtliche Flossen gelblich colorirt sind. Die drei auf dem Holzschnitt so sehr scharf vorspringenden runden schwarzen Flecken darf man ja nicht für charakteristisch nehmen, denn sie treten in der Originalzeichnung nur undeutlich und unregelmäfsig hervor. Die Stacheln werden aber auch von ihr, zerstreut und kurz dargestellt.

*Piquitinga.* Schon Linné hat diese Stelle gedeutet, indem er sie zu seinem *Esox Hepsetus* citirt, obgleich sie seiner in den *Amoenit. academ.* gegebenen Beschreibung desselben nach der Stellung der Flossen offenbar widerspricht. Die Originalabbildung der Menzelschen Sammlung I, p. 161. zeigt noch mehr als der Holzschnitt selbst, Ähnlichkeit in der Form des Kopfes mit der, der Gattung *Atherina* eigenthümlichen. Die einfache Rücken-

flosse läßt es jedoch nicht zu, den *Piquitinga* zu *Atherina* zu rechnen. Ich muß daher Cuvier's Meinung annehmen, es sei dieser Fisch unter *Clupea* und zwar der Untergattung *Engraulis* einzuschalten, und mit der *Atherina Brownii* und vielen andern Synonymen zu vereinigen.

*Araguaga*, ein Sägefisch, von Gmelin und Bloch zum *Squalus Pristis* citirt, von den späteren Ichthyologen meines Wissens nicht weiter beachtet. Der Holzschnitt, so wie die ihm zum Grunde liegende Originalabbildung, an welcher die Zähne der Säge sehr kurz erscheinen, könnte auf die Vermuthung führen, man hätte es hier mit einer der kurzzähnigen Arten, z. B. mit *Latham's Pr. microdon*, oder Schneider's *Pr. granulosa* zu thun, weil die von Maregrave angegebene Zahl der Zähne mit der der letztern übereinstimmt. Doch ist bekannt, wie sehr die Zahl der Zähne bei den Individuen, vielleicht nach dem Alter, variirt, und überberhaupt dürfte *Pr. granulosa*, die ganz allein auf einer Abbildung bei Parra beruht, der körnigen Kieferzähne wegen wohl schwerlich auf eine Unterscheidung als eigne Art Anspruch machen. Darum scheint es mir am natürlichsten, in diesem *Araguaga* auf die an den Südamerikanischen Küsten gemeinste Art, die *Pr. canaliculata Lath.* nemlich, zu muthmaßen. Zur Erläuterung dessen was Maregrave weiterhin so ausführlich zur Beschreibung dieser Art beibringt, verdient wohl noch bemerkt zu werden, daß der *Panapana*, mit dem er sie dort vergleicht, und der wenigstens als Fischname von ihm selbst weiter nicht gebraucht wird, sondern der nur als Name für einen großen Schmetterling p. 249. vorkommt, in der Originalabbildung L. P. II, p. 218. einen *Squalus Zygaena* darstellt.

*Camuri*. Ein Fisch, auf dessen Ähnlichkeit mit dem Hecht sowohl von Maregrave als von Piso am meisten Gewicht gelegt wird, den aber noch Niemand zu deuten versucht hat, obgleich Piso p. 74. eine Abbildung davon giebt, und in vielen Worten, freilich ohne erheblichen Inhalt, davon handelt.

Unsre Hilfsmittel verlassen uns auch hier nicht, die Originalabbildung in der Menzel'schen Sammlung p. 163. vollendet in ihrer sorgfältigen Ausführung das durch Maregrave's Beschreibung entstehende Bild zu einer solchen Klarheit, daß ich mit voller Gewißheit diesen Punkt dahin aufklären kann, der *Camuri* sei nichts anders als der von Bloch Tab. 303. unter dem Namen *Sciaena undecimalis* abgebildete Fisch, welchen Schneider

der Gattung *Platycephalus* beigelegt, aus welcher ihn Cuvier mit Recht wieder verbannt, ohne ihm indessen eine andere Stelle anzuweisen. Die Exemplare unsers Museums, von welchen das eine das von Bloch abgebildete aus Jamaica, das andere uns aus Brasilien zugekommen ist, fügen sich am leichtesten dem Gattungsbegriff von *Perca*, wiewohl sie in der sehr merkwürdigen Ähnlichkeit ihrer Schnauze mit der des Hechtes, in der entfernt von der Afteröffnung anfangenden Afterflosse und in der sehr breiten und markirten Seitenlinie von den gewöhnlichen Formen dieser Gattung so sehr abweichen, daß man vielleicht eine eigne Gattung daraus bilden könnte. Alles Übrige wird sich leicht aus der Beschreibung von Marcgrave, verglichen mit den ganz unabhängig von dieser gemachten Bloch'schen und Schneiderschen entnehmen lassen. Ich habe nur zu bemerken, daß Bloch's Abbildung den Hinterkopf dieses Fisches viel gewölbter vorstellt als er ist, da er im Gegentheil bis zum Anfang der ersten Rückenflosse fast gradlinig verläuft, und zweitens, daß der Holzschnitt bei Piso eine ganz verfehlte Nachbildung des Originals ist, bei welcher die Absicht ihr eine Ähnlichkeit mit der Gestalt des Hechtes zu geben, nicht ohne Einfluß gewesen zu sein scheint.

Cap. XI. p. 160.

*Guaracapema*. Fast sämtliche Naturforscher seit Linné's Zeit beziehen diese Stelle auf *Coryphaena Equisetis*, welche wiederum von den Neuern als nicht hinreichend verschieden von *C. Hippuris* mit dieser vereinigt zu werden pflegt, welcher Meinung ich zur Zeit auch nichts entgegenzusetzen habe. Zu bemerken ist nur, daß der hier gegebene Holzschnitt, bei einer dereinstigen genauern Prüfung dieses Punktes, nicht mit in Anschlag gebracht werden darf, indem er keineswegs eine Nachbildung der recht hübschen Zeichnung L. P. I, 335., sondern der Bequemlichkeit halber aus de Laet's *Descriptio Indiae occidentalis* p. 57. entlehnt ist. Der Fisch *Petumbo*, der die Nahrung des *Guaracapema* ausmachen soll, findet sich nirgends weiter erwähnt, soll aber wahrscheinlich der *Petimboaba* (*Fistularia tabacaria*) sein.

*Mucu*. Alle Schriftsteller citiren diesen Fisch zum *Trichiurus lepturus*; wie es scheint, einzig nach der Abbildung urtheilend, und ohne die Marcgravesche Beschreibung genau durchgelesen zu haben, die in allen

ihren Theilen dem Bilde gradezu widerspricht. Dies fühlt selbst de Laet, der in einer eignen Anmerkung gesteht, dafs er diese Abbildung aus seiner *Descriptio Americae* (p. 573.) entlehnt habe, weil ihm von jemand die Versicherung gegeben sei, dieser Fisch, den er zwar dort *Ubirre* nennt, heisse auch *Mucu*. Diese Abbildung ist also ganz von der Beschreibung zu trennen; die Beschreibung aber bezieht sich auf einen *Synbranchus*, wie auch aus der Abbildung L. P. I, p. 388. deutlich genug erhellt, an welcher freilich nur die schlaffen Hautflossen eben so wenig angedeutet werden, als Maregrave ihrer im Text erwähnt hat. Soll nun die Species angegeben werden, so paßt, was von der Farbe gesagt ist, unter den bekannten Arten am besten auf den *S. immaculatus*, noch besser jedoch wegen der leberbraunen Unterseite und der in stumpfen Winkeln zusammenstossenden durchscheinenden Muskellagen, welche Maregrave Querlinien nennt, auf eine neue Art, die Hr. v. Olfers unserm Museum aus Brasilien übersandte, und die wir in der Überzeugung, es sei der Maregravesche Fisch, mit dem Namen *S. Mucu* belegt haben. Das charakteristische Merkmal, durch welches diese Art von den andern abweicht, besteht darin, dafs die Rückenflosse schon so hoch anfängt, dafs sie drei Viertel der Leibeslänge beträgt, indessen sie bei den übrigen Arten, mit Ausnahme des Schneiderschen *S. transversalis* (wo sie ohngefähr in der Mitte der Oberseite ihren Anfang nehmen soll), nur ein Viertel der Leibeslänge misst; an diesem *S. transversalis* aber soll die Kiemenöffnung eine Querspalte sein, hier ist sie rund.

Nicht unerheblich scheint mir Maregrave's Bemerkung, dieser Fisch könne die Kehle aufblasen (wahrscheinlich mit Wasser), und in der That haben alle Arten dieser Gattung die Kehlhaut so auffallend der Länge nach gefaltet, dafs dies Vermögen sehr wahrscheinlich wird. Vom *S. immaculatus* mufs ich noch bemerken, dafs er keineswegs, wie im *Syst. Ichthyol.* angegeben wird, allein in Tranquebar zu Hause ist, denn Bloch XII, p. 28. sagt ausdrücklich, er habe ein Exemplar aus Surinam, das andere aus Tranquebar erhalten, beide besitzen wir noch, sie sind sich so ähnlich, dafs mir die letztere Angabe um so mehr verdächtig wird, als auch wir den *S. immaculatus*, nur gröfser und dunkler gefärbt, aus Süd-Amerika erhalten haben.

*Abacatuaja.* Ganz auf dieselbe Weise wie bei dem *Mucu* ist durch Hinzufügung eines Holzschnittes, der, wie de Laet selbst gesteht, abermals aus der *Descriptio Americae* entlehnt ist, grofse Verwirrung angerichtet wor-

den, denn die Beschreibung giebt, wie Cuvier sehr richtig gemuthmaßt hat, zu erkennen, daß hier der an den Amerikanischen Küsten, und wahrscheinlich nur dort häufig vorkommende *Zeus Vomer* gemeint sei, und diesen stellen auch die Originalabbildungen L. P. I, 399. und I. M. I, p. 31. fig. 2. ganz unverkennbar dar, indessen man in dem Holzschnitt nur den in Ostindien anzutreffenden *Z. Gallus* erkennen kann, zu welchem ihn auch Linné und die übrigen Systematiker zu beziehen pflegen. Bloch hat die Verwirrung vermehrt, indem er die in seinem Werk Tab. 192. gegebene Abbildung eines aus Ostindien erhaltenen Exemplars vom *Z. Gallus* nach der Originalabbildung in der Sammlung des Prinzen hat coloriren lassen, in der Meinung, er habe es hier wirklich mit demselben Fisch zu thun; die Stelle im Text, wo er dies gesteht, kann denn leicht so verstanden werden, als sei die hier gegebene Abbildung wirklich nach der Zeichnung des Prinzen entworfen. Die Abbildung, welche hierher gehören würde, ist aber an einer ganz andern Stelle des Marcgraveschen Werks benutzt, nemlich p. 145., neben der Beschreibung des *Guaperva* (*Chaetodon arcuatus*) aber auch sie ist, wie ich bereits zu jener Stelle bemerkt habe, nicht aus den Originalabbildungen des Prinzen, sondern aus jenem ältern Werke de Laet's entnommen. Der Zweifel, ob *Z. Gallus* auch an den Amerikanischen Küsten vorkomme, wird also durch diese Auseinandersetzung verneinend gehoben. Bemerkenswerth ist vielleicht nur noch die Übereinstimmung des von de Laet für den *Z. Gallus* angegebenen Malayischen Namens *Awah-Kattu* oder *Jahve* mit dem Brasilischen *Abacatuaja* für den *Z. Vomer*.

*Acarapeba* oder *Acaratinga*. Mit dem letztern Namen ist die Originalzeichnung L. P. 347. bezeichnet, von der wohl deswegen kein Holzschnitt zu dieser Stelle angefertigt wurde, weil sie nur mit Bleistift angelegt und nicht ausgemalt ist, der Prinz hat aber dazu geschrieben: „Dieser Fisch ist ganz wie Silber.“ Indessen die Gestalt sogleich einen Fisch aus der zahlreichen Familie der Perciden verräth, leitet Marcgrave's Angabe der Mund könne sich ausdehnen und zusammenziehen, verglichen mit allen den übrigen Punkten der Beschreibung sogleich auf die Vermuthung es sei eine Art der Gattung *Smaris* hier gemeint, zu welcher Cuvier mit Recht auch den *Sparus erythrus* Bl. Tab. 261. rechnet. Bloch's Exemplar dieser Art ist von Japan, allein auch von den Brasilischen Küsten erhielten wir Exemplare derselben, die sich wenigstens durch kein irgend constantes Merkmal

davon unterscheiden lassen. Nichts desto weniger fällt die Vermuthung der Übereinstimmung bei weitem mehr auf eine damit verwandte neue Art, die durch minder hohen Rücken, durch eine dem Rücken parallel laufende, mithin gerader gezogene Seitenlinie, so wie durch die Lage und Gröfse der Nasenlöcher und durch andere minder in die Augen fallende Kennzeichen eben so sehr von *Sm. erythrura* abweicht, als sie sich dem Bilde des *Acaratinga* nähert\*). Wir haben daher diesen mit dem Namen *Sm. Acarapeba* bezeichnet.

*Mijuipira* oder *Pirabebe* ist, wie ein Jeder leicht gewahr wird, *Trigla volitans* Lin., *Dactylophorus vol.* Lac. Der Holzschnitt ist eine Copie der recht sorgfältigen Zeichnung L. P. II, 390. Nur sind die Bauchflossen am Holzschnitt unbehülflich genug hinzugesetzt, die der Zeichnung fehlen. Eine noch bessere Abbildung ist in der Menzelschen Sammlung I, p. 103. unter dem Namen *Pirameiui*.

#### Cap. XII. p. 163.

*Guaibi Coara*. Aus der Beschreibung und Abbildung dieses Fisches läßt sich freilich auf mancherlei schliessen, aber nichts zur Gewifsheit bringen. Da sich überdies nun unter den vorhandenen Originalabbildungen keine findet, auf welche man möglicher Weise den Holzschnitt beziehen könnte, so muß ich die Deutung dieser Stelle glücklichern Forschern überlassen.

*Acaramucu* wird von Bloch und nach ihm von Gmelin zum *Balistes monoceros* citirt, hat auferdem Verwandtschaft mit *B. laevis* Bl., mag aber wohl wie Cuvier vermuthet, von beiden verschieden sein, wie er unlängbar durch die Abwesenheit der Schwanzstacheln von *B. monoceros* Lin. abweicht. In dem aus der Originalabbildung L. P. I, p. 317, (wo er *Acaramucu* heisst) besser wie aus dem Holzschnitt hervorgehenden Verhältniß der Rücken- und Afterflosse hat er unlängbar die mehrste Ähnlichkeit mit

---

\*) Bloch's Abbildung des *Sparus erythrurus* ist in den mehrsten dieser Punkte seinem Exemplar wenig getreu nachgebildet. Die Seitenlinie verläuft sich an demselben in größerem Bogen, die Nasenlöcher sitzen dem Auge näher, die Bauchflosse weiter nach hinten, als dies Alles auf der Abbildung angegeben ist. Auch sieht man so wenig Spur von einer rothen Färbung der Flossen, dafs man nicht begreift, wie Bloch zu dem Namen *Sp. erythrurus* gekommen ist.

dem *B. laevis*, wiewohl sich daraus kein hinreichender Beweis für die Identität beider ableiten läßt, was auch um so schwieriger sein dürfte, da der *B. laevis* ostindisch ist. Nur darf freilich die bunte Zeichnung dieses Fisches auf der Bloch'schen Tafel (414) ebensowenig für einen Gegenbeweis angesehen werden, als die zugerundete Form der Schwanzflosse, denn in beiden scheint Bloch nur von Muthmaßungen sich haben leiten zu lassen, weil an dem Exemplar wonach die Zeichnung gemacht ist, nichts deutliches zu entnehmen ist. Auch über diese Art haben wir daher den Aufschluß erst von spätern Beobachtern zu erwarten.

Desto deutlicher erkennt man in dem folgenden, der abermals *Guaperva* heißt, den *B. vetula* Lin., für welchen ihn auch alle Schriftsteller genommen haben. Blicke noch ein Zweifel, so würden ihn die beiden sehr guten Abbildungen I.M. I, p. 125. und L.P. I, p. 311. hinwegnehmen. Nach der letztern ist der Holzschnitt gemacht, und weicht nur darin von ihr ab, daß die beiden dunklen Streifen über der Schnauze bis an die Bauchflosse fortgeführt sind, statt daß sie im Original ganz richtig vor der Brustflosse endigen.

*Cucuri*. Obgleich keine Originalabbildung zu dem Holzschnitt vorhanden ist, so läßt sich doch in dem hier beschriebenen Fische wohl nicht leicht etwas anderes als *Squalus mustelus* vermuthen, der auch von der südamerikanischen Küste unserm Museum zugekommen ist.

*Piraya* oder *Piranha*. Cuvier ist der erste, der darin den *Salmo rhombeus* oder *Serrasalmo* Lacép. erkennt. Daß dies nicht früher geschehen, rührt wohl hauptsächlich daher, daß der Holzschnitt ein erwachsenes Exemplar von mehr als Fußlänge darstellt, Pallas und Bloch dagegen nur jüngere Exemplare dieses Fisches vor sich hatten, an welchen (man vergl. Bloch's Tafel 383.) der Kopf bei weitem die abschüssige Gestalt noch nicht hat, die er bei großen Exemplaren bekommt, sondern vom Hinterkopf an mehr flach gegen den Rand des Oberkiefers hin verläuft.

Auf dieser sich aus einer Reihe von fünf allmählig größern Exemplaren unsers Museums sehr deutlich ergebenden Altersverschiedenheit beruhen denn auch die beiden Abarten, die Marcgrave hier anführt und beschreibt, und welche beide in der Menzelschen Sammlung I, p. 223, die erste unter dem Namen *Piraya*; die zweite unter dem Namen *Pirayatinga* abgebildet sind. Die jüngern Exemplare haben am deutlichsten den dunklen

Saum der Schwanzflosse, den Linné unter den diagnostischen Merkmalen anführt. An ihnen zeigen sich auch die dunklen Flecken des Rückens deutlicher, dagegen verschwinden an den großen (ich habe eins von 20 Zoll Länge vor mir) die Zähne der Bauchsäge unter den sie überragenden Schuppen, woraus es sich erklärt, daß Marcgrave sie ganz übersieht.

Cap. XIII. p. 165.

*Punaru.* Es werden hier zwei Species der Gattung *Blennius* beschrieben, wobei zunächst zu bemerken, daß die zweite Abbildung zu der ersten Beschreibung gehört und umgekehrt. Die Beschreibung des ersten paßt sehr wohl auf einen kleinen Fisch dieser Gattung, den wir bereits seit mehreren Jahren unter dem Namen *Blennius brasiliensis* in unserm Museum bewahren. Die andere trifft ebenso zu auf einen kleinen Fisch, der dem *Bl. fasciatus* im jugendlichen Alter verwandt, aber durch die Lage des Afters und die Zahlen der Flossenstrahlen verschieden ist, und den wir mit dem Namen *Bl. Punaru* bezeichnet haben. Eine rohe Abbildung unter dem Namen *Punaru* in der Menzelschen Sammlung I, p. 15. ist für die Entscheidung ohne Werth, da sie ein Exemplar mit ganz zerrissenen Flossen darstellt.

*Amore Guacu, Amore Pixuma* und *Amore Tinga.* Gronov hat in seinem *Museum Ichthyolog.* (p. 16 und 17.) aus den beiden ersten dieser Fische zwei Arten seiner Gattung *Eleotris*, nemlich die erste und dritte gemacht, wiewohl in der That schwer zu beweisen sein möchte, daß sie wirklich der Gattung angehören, denn von der Form der Bauchflossen ist bei Marcgrave nirgends die Rede. Wenn nun Gmelin sogar auf eine derselben (den *Amore Pixuma*) seinen *Gobius Pisonis* gründet, so muß man Schneider's Zweifel gerecht finden, ob ein Fisch mit so fadenförmig getheilten Bauchflossen, wie hier die Abbildung zeigt, wohl wirklich ein *Gobius* oder eine *Eleotris* sein könne. Was aber sonst, ist nun wirklich schwer zu sagen. Für den zuerst genannten (*Amore guacu*) haben wir freilich Cuviers's Autorität, der darin wirklich einen *Gobius* erkennen will. Es läßt sich aber weder für noch wider diese Meinung etwas vorbringen, da es ganz an einer Originalabbildung fehlt und also über die obige Hauptfrage keine Auskunft gegeben werden kann. Von dem zweiten, nemlich dem *Amore Pixuma* ist zwar (I. M. I, p. 59.) eine Abbildung vorhanden, nach welcher ganz unverkennbar der schlechte Holzschnitt gefertigt worden ist,

aber so fleißig diese Zeichnung auch gemacht ist, so möchte sich doch auch aus ihr schwerlich über das Genus etwas sicheres ermitteln lassen. Sie stellt nemlich einen Fisch von etwa 8 Zoll Länge vor, mit plattgedrücktem vorn zugerundetem Kopf, weit auseinander liegenden glänzenden Augen, mit doppelter, überall gleich hoher Rückenflosse und diese so wie alle übrigen Flossen ohngefähr in dem Verhältniß wie es der Holzschnitt ergibt; unter der Kiemenöffnung sind zwei fadenförmige Bauchflossen angedeutet, ob die zerschlitzten Strahlen einer größern oder ursprünglich so gestaltet, wage ich nicht zu entscheiden, denn auf einen *Blennius* zu schließen, verbietet schon die doppelte Rückenflosse. Die Oberseite des Fisches ist schwarz, die sehr bauchige Unterseite mit Ausnahme der Flossen weiß. Der dabei geschriebene Name ist *Amoreçima*. Der *Tamoata*, mit welchem Marcgrave hier seinen Fisch an Größe und Gestalt vergleicht, ist der *Cataphractus callichthys*, zu dem auch die allgemeine Gestalt dieses, wie es freilich scheint schuppenlosen oder kleinbeschuppten Fisches recht gut paßt. Ob also nicht die ganze Abbildung für eine verfehlt Darstellung eines *Pimelodus*, jene Fäden für schief angesetzte Bartfäden zu nehmen, ist eine Vermuthung, die ich auf gut Glück wage, da eine bessere nicht zu finden ist. Vom *Amore Tinga* ist vollends gar nichts zu sagen, indem alle Hilfsmittel uns hier verlassen.

Die folgende Art ist ohne Brasilische Benennung und statt deren der für die Mugilarten in allen Nordeuropäischen Dialekten gebräuchliche Name Harder (lateinisch wahrscheinlich unrichtig durch *Pastor* wiedergegeben) an die Stelle gesetzt. Klein ist der einzige, der diesen Fisch einer Berücksichtigung gewürdigt und ihn unter dem Namen *Cestreus argenteus* in seiner *Hist. Piscium Missus* V, p. 24. No. 3. aufgeführt hat. Cuvier vermuthet darin einen wahren *Gobius*, indessen scheint mir die Lage der Flossen und was von der Zusammenstellung der Schuppen gesagt ist, doch in der That für einen Fisch aus der Gattung *Mugil* zu sprechen, namentlich für den *M. Tang*, der auch häufig an den Brasilischen Küsten vorkommt, und dessen sonst bei Marcgrave nirgends Erwähnung geschieht. Was von der mangelnden Kiemenspalte gesagt wird, kann unläugbar nur auf einem Irrthum beruhen, und läßt sich vielleicht daraus erklären, daß bei den Mugilarten die Kiemendeckel sehr fest schließen. Eine Originalabbildung ist nicht vorhanden.

*Guacari* ist unverkennbar *Loricaria plecostomus*, zu welchen ihn auch Bloch ganz richtig citirt. Die Originalabbildung steht L. P. II, p. 392. und

ist frei von den Fehlern in der Flossenzeichnung, die den Holzschnitt entstellen. Die zweite Art *Guacari*, deren Maregrave am Schlusse dieses Kapitels erwähnt, ist von dieser gewifs nicht verschieden; denn abgesehen davon, dafs dort die Zeichnung des Fisches mit eben den Worten beschrieben wird, wie bei der ersten, so kann man schon defswegen hier nicht etwa auf *L. maculata* schliessen, weil die Abbildung unter dem Namen *Guacari secunda species* (I. M. I, p. 300.) zwar einen langstreckigen punktierten Fisch, aber dabei auch die kleine Rückenflosse darstellt, die sowohl der *L. maculata* als der *L. cirrhosa* fehlt.

---

### Schluss-Bemerkung beim Abdruck dieser Abhandlung

im November 1828.

Die Erläuterungen der Maregraveschen Nachrichten von den brasilischen Fischen fortzusetzen, wurde ich durch Hrn. Baron G. Cuvier's schmeichelhafte Aufforderung veranlafst, welcher davon für die von ihm in Gemeinschaft mit Hrn. Valenciennes herauszugebende Ichthyologie Gebrauch zu machen beabsichtete. Im Verfolg eines weiteren Briefwechsels stellte sich jedoch den würdigen Unternehmern eines so grosartigen Vorhabens diese Angelegenheit als so belangreich dar, dafs Hr. Valenciennes selbst gegen Ende des Jahrs 1826 nach Berlin kam, um die Fische Sammlung des hiesigen zoologischen Museums zu mustern und die Originalabbildungen, auf welchen die obigen Erläuterungen beruhen, selbst zu vergleichen. Die fernere Fortsetzung der hier abgebrochenen Abhandlung wird sich daher in veränderter Gestalt an das nunmehr erscheinende wichtige Werk ergänzend anschliessen und nur eine Nachlese zu den dort gewährten Resultaten geben können.

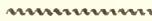
Lichtenstein.



Über  
die ältern Geschichten der Getreidearten.

Zweite Abhandlung.

Von  
H<sup>rn.</sup> H. F. L I N K.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 9. November 1826.]

Neue Untersuchungen, Widersprüche gelehrter Männer, deren Urtheil mir schätzbar ist, haben diese Nachträge und Zusätze hervorgebracht.

Es ist allerdings merkwürdig, daß beim Homer der Weizen als Pferdefutter vorkommt, da man ihn doch nirgends dazu anwendet, und von den Alten sowohl als den Neuern einstimmig behauptet wird, daß er den Pferden schade. Ich glaubte, es sei eine dichterische Freiheit, weil Andromache Hektors Pferden auch Wein gegeben habe. Aber ich finde in Wolfs Ausgabe den Vers, wo von Wein die Rede ist (Il.  $\mathcal{S}$ . 188.) als verdächtig in Klammern eingeschlossen, und er scheint nicht hieher zu gehören. In der andern Stelle (Il.  $\eta$ . 569.) wo gesagt wird daß die Pferde des Diomedes Weizen fraßen, wird auch nichts von Wein hinzugesetzt. Ich muß also der Meinung der Alten beitreten, daß in den ältesten Zeiten  $\pi\upsilon\rho\delta\varsigma$  ein allgemeiner Name für eine nährnde Grasart war, welche später auf Weizen allein beschränkt wurde. So ist es dem Worte Korn bei uns, *Grano* bei den Italienern, ergangen, und noch übereinstimmender ist das Beispiel des Wortes Hirse im deutschen, welches gar viele sehr verschiedene aber immer kleine und rundliche zur Nahrung dienende Körner der Grasarten bezeichnet. Dieses zeigt auch die häufige Zusammensetzung des Wortes  $\pi\upsilon\rho\delta\varsigma$  mit andern, welche den allgemeinen Begriff näher bestimmen. Die Bedeutung der Wörter ändern sich.  $\pi\upsilon\rho\delta\varsigma$  zuerst ein allgemeiner Ausdruck wurde näher bestimmt und bezeichnet nur Weizen, aber in dieser Bedeutung verlor er sich zuletzt aus dem gemeinen Gebrauche und ein anderes allgemeines Wort

σῖτος nahm die besondere Bedeutung Weizen an. In den Geoponica steht gewöhnlich σῖτος statt πυρός. Die Gelehrten, die Grammatiker behielten das Wort πυρός, die Praktiker gebrauchten σῖτος welches in dieser Bedeutung beim Dioskorides und Theophrast nie vorkommt.

Die neuern Untersuchungen über die Arten und Abarten der Getreide von Lagasca, der hier zuerst die Bahn brach, Seringe, Schübler, Metzger und andere haben diesen Gegenstand sehr aufgeklärt, und es ist nöthig bei der Untersuchung der Nachrichten von Getreidearten in den alten Schriftstellern darauf Rücksicht zu nehmen. Als ich meine erste Abhandlung schrieb waren diese Bemühungen der Neueren noch nicht bekannt geworden. Sprengel hat in seiner Übersetzung von Theophrasts Naturgeschichte der Gewächse, besonders im zweiten Theile, welcher die Erläuterungen enthält (Altona 1822.) auf manche schon Rücksicht genommen. Ich will also hier noch einige Untersuchungen beifügen, wenn sie auch keinen großen Erfolg haben sollten.

Δρακόντιας wird von Theophrast (*de caus. l. 30, 21. S. 2.*) ohne weitere Beziehung angeführt. Sprengel (Erläut. 305.) meint, er könne seinen Namen nur von der bunten Beschaffenheit der Körner haben, wie das *Arum*. Das wäre denn setzt er hinzu, eine Abart von *Triticum turgidum* mit schwärzlichen Grannen, röthlichen Körnern und weißlich beharten Bälgen (Sering. *Melang.* 103.). Allerdings eine sinnreiche Vermuthung.

Στραγγυίας (Theophr. *d. caus. l. c.*) nach Sprengel von στραγγός mit zusammengedrückten Ähren und *Tritic. Gaertnerianum*, welches noch häufig in der Levante gebaut werde (Erläut. daselbst). Es sei die γρουμένιτζα der neueren Griechen. Aber *Tr. Gaertnerianum* ist eine Abänderung von *Tr. durum* und hat einen zusammengedrückten Kelch, keine zusammengedrückte Ähren. Das Wort στραγγός als zusammengedrückt ist mir unbekannt, wohl aber heißt es *flexuosus, tortus*, es wäre also mehr auf eine Abart *spica flexuosa* zu rathen. Στρεγγίς (Theophr. *Hist. pl. 8. 4. 3.*) in den Handschriften στλεγγός ist vielleicht dasselbe Wort. Sprengel sagt στρεγγίς bedeute eine breite Platte oder Kamm (eigentlich eine Striegel) und rath auf *Tr. platystachyum Lag.*

Σελινόσιος (Theophr. *caus. pl. l. c.*) hat nach Sprengel seinen Namen wahrscheinlich von σελήνα einer mondähnlichen Kuchenart, wozu dieses Mehl genommen wurde (Hesych. 2. 1167.).

*καρχαυδίας* (Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 5.) nach Sprengel so genannt, weil die langen Grannen ihm Ähnlichkeit mit der Gerste geben. Er hat einen dicken Halm, und eine schlaffe lockere Ähre (*d. caus.* 3. 21. 2.) und bedurfte viele Nahrung. Es sei wahrscheinlich *Tr. durum hordeiforme* Sering. Zuerst erinnere ich, daß die Ausdrücke *χαῦνος καὶ μανὸς* locker und leicht mehr von dem Korn als von der Ähre zu verstehen sein möchten. Ferner ist *κάκρυς* oder *κάκρυς* oder auch *κάκρυς* geröstete Gerste, ein Wort welches häufig vorkommt, so wie die davon abgeleiteten Wörter. Die gerösteten Körner wurden im Alterthum so häufig gegessen, daß der Name *καρχαυδίας* vermuthlich daher kommt.

Den libyischen Weizen von Cyrene hält Sprengel nicht unwahrscheinlich für *Tr. durum*, wenigstens mag er zu den Abarten dieser Art gehören. Vom ägyptischen Weizen führen die Alten nichts an, als daß er von Lolch frei sei. Es läßt sich also nichts weiter darüber bestimmen; sonderbar ist es, daß man jetzt den Weizen, welcher bei uns häufig gebaut wird, in Italien, wo man ihn selten baut, ägyptischen Weizen nennt. Der alexandrische Weizen sagt Sprengel, hat seinen Namen von Alexandrien. Aber dies ist eben zweifelhaft, denn Theophrast führt ihn nicht unter den Weizenarten an, welche von einem Orte den Namen haben, sondern mit *στλεγγὸς* u. s. w. wie Schneider schon bemerkt hat. Die Geoponica sagen von ihm, er habe ein langes Korn. Den thrazischen Weizen habe ich für *Tr. polonicum* gehalten; Sprengel bezieht dieses auf eine Abart welche er *strictum* nennt, und welche sich durch das Festhängen der Korollenbälge an dem Korne unterscheiden soll. Aber eine solche Abart wäre ja vielmehr ein Spelz. Den Weizen aus Böotien bezeichnen die Alten als den schwersten, noch schwerer als den sicilischen mit Ausnahme des Weizens der Pissargen, welcher sogar plazzen machen. Diese Pissargen nennt Theophrast in den Büchern *d. causis* Pyssoten; sonst kommt der Name nirgends vor. Sprengel vermuthet sonach, Theophrast rede von den Pyssuen welche nach Strabo an dem Ausflusse des Oxus wohnten.

Die Alten haben ferner Winter- und Sommerweizen, *χαιμερινὸς* und *ἡρι-  
νὸς*, weil er im Frühling gesäet wird. Sie haben ferner *δίμηνος* und *τρίμηνος*, weil er in zwei oder drei Monaten seine Vegetation beendigte, sogar eine Abart, welche dieses in 40 Tagen that. Sie hatten die Bemerkung an ihrem Sommerkorn gemacht, welche noch immer gilt, daß Sommerweizen leichter ist,

sich nicht so gut bestaudet und weniger schüttet als Winterweizen. Sie führen indessen einige Ausnahmen an, den vierzigtägigen Weizen von Euboea, und eine Weizenart von Lemnos, oder *Αἴνος*, vermuthlich ein Schreibfehler für Lemnos, wie man aus der Vergleichung von Theophr. *Hist.* 8. 4. 4. et 5. *d.caus.* 4. 96. und 4. 11. 3. sehen kann. Auch ist von weichem und hartem Weizen die Rede, letzterer ohne Zweifel *Tr. durum* oder eine Abart.

Πυρὸς σιτάνιος Theophr. *Hist. pl.* 8. 2. 3. hält Sprengel für den Sommerweizen und allerdings kommt er so auch in den Geoponica und Dioskorides vor. Das Wort heisst eigentlich *σητανείος* oder *σητανίος*. Aber Theophrast sagt: Ἀπαραθλάσται δὲ οὗτοι, πλὴν εἴ τι γένος πυρῶν τοιοῦτο, οὗς καλοῦσι σιτάνιος καὶ κριθάνας. Hier glaubt Schneider müsse man wohl *σιτάνιος* von *σητάνιος* unterscheiden. Denn der Sommerweizen bestaude sich weniger als der Winterweizen, und *σιτάνιος* ist keinesweges einerlei mit *σητάνιος* welches man von ἔν τῇ ἐτεῖ ableitet. Das Wort *κριθάνας* kommt auch nicht weiter vor. Ich finde keine Ursache zu glauben, daß *σιτάνιος* *Tr. Gaertnerianum* und *Tr. κριθάνας* *Tr. platystachyum* sei.

Columella führt nur drei Weizenarten an (L. 206.). *Ex his mature serendum est quod Robus dicitur, quoniam et nitore et pondere praestat. Secunda conditio est habenda Siliginis, cuius species in pane praecipue pondere deficitur. Tertium est trimestre, cuius usus gratissimus, nam ubi propter aquas aliamve causam matura satio est ommissa praesidium ab hoc petitur. Reliquae Tritici species, nisi, si quos multiplex varietas frugum et inanis delectat gloria supervacanea.* Das letzte Urtheil möchte vielen unsern Landleuten sehr gefallen. Man hat viel herum gerathen, welcher Weizen *Robus*, welcher *Siligo* oder *trimestre* sei, aber alle Vermuthungen sind nichts als dieses.

Die Geoponica bezeichnen nur Sommerweizen, einen weissen *σιτάνιος* und einen mit schwarzen Grannen, welchen Sprengel für *Tr. atratum* Host. hält. Aber *Tr. atratum* ist ein Emmer (*Tr. amyleum*) und hat schwärzliche Körner oder vielmehr Spelzen. Hier ist nur von Grannen die Rede. Vielleicht eine Abart von *Tr. durum* oder *turgidum* mit schwarzen Grannen.

Die Nachrichten von dem wilden Weizen in Indien, welche Banks geliefert hat, scheinen mir jetzt sehr zweifelhaft. Mstrs. Barrington gab die Samen unter der Aufschrift Hillwheat Herrn Lambert, dieser Banks, und ungeachtet sie sehr klein waren, so war doch die Gestalt völlig die des Weizens. Banks liefs sie säen, und es wuchs daraus wahrer Sommerweizen

auf. Mstrs. Barrington erinnerte sich nur, daß der Same aus Indien gekommen sei. Roxburgh und Wallich haben nichts darüber in der *Flora indica*. Sie führen den gegrannten Weizen an, mit dem Zusatze: Zwei Varietäten werden gewöhnlich gebaut in den innern und nördlichen Theilen von Hindostan während der kühlen Jahreszeit; und eben dieses wiederholen sie bei dem gegrannten Weizen. Es läßt sich also auf jene Nachricht gar keinen Werth legen. Dafür ist mir aber eine andere bisher übersehene Nachricht zu Gesicht gekommen, welche von größerem Werthe scheint. Olivier sagt nämlich in seiner Reisebeschreibung 3. 460., er habe in Mesopotamien am Euphrat nicht weit von Ana, auch sonst, Weizen, Gerste und Spelz wild gefunden. Diese Nachricht erhält um so mehr Glaubwürdigkeit, da früher ein ausgezeichnete Botaniker, der altere Michaux, den Spelz bei Hamadan in Persien wild fand, also fast unter demselben Grade der Breite (34-35°) und nur mit einem Unterschiede von 8-9 Graden der Länge, wie ich in der ersten Abhandlung angeführt habe. Eine Nachricht erhält durch die andere Zutrauen und Glaubwürdigkeit. Alles stimmt darin überein, daß diese Gegenden das Mutterland aller Kultur, sowohl der Kultur des Bodens als der Cultur des Geistes sind.

Man könnte gegen diese Angaben, wie gegen viele andere einwenden, daß die Getreidearten erst an jenen Orten wild geworden wären. Aber sie verwildern nicht leicht, sie finden sich nirgends im wärmern Europa wild, nirgends in Nord-Afrika, wo sie doch seit langer Zeit gebaut werden und wo das Klima ihnen sehr günstig scheint. Auch ist dieses nicht in Süd-Amerika der Fall gewesen, wo doch Rindvieh und Pferde sich sehr vermehrt haben; daher scheinen jene Angaben alle Aufmerksamkeit zu verdienen. Das Land, aus welchem die Getreidearten abstammen, ist unstreitig von großer Wichtigkeit für die Geschichte des Menschen.

Die schwierige Stelle in Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 1. habe ich von der Gröfse der Hüllen erklärt, nicht wie gewöhnlich von der Verschiedenheit, welche man im Umschließsen der Körner bemerkt, indem nämlich oft die Körner von den Spelzen dicht umschlossen werden, wie der gewöhnliche Hafer, die gemeine Gerste, alle Spelz- und Emmerarten, oft aber die Körner nackt ausfallen, wie Weizen, nackter Hafer, nackte Gerste. Die Stelle ist: Ἄμα δὲ καὶ ὁ μὲν (nämlich πυρός) ἐν χιτῶσι πολλοῖς. ἢ δὲ (nämlich κρίθη) γύμνη, μάλιστα γὰρ δὴ γυμνοσπέρματων ἢ κρίθη. Πολύλοπον δὲ καὶ ἡ τίφη καὶ ἡ

ἐλύρα, καὶ πάντα τὰ τοιαῦτα καὶ μάλιστα παντῶν, ὡς εἰπεῖν, ὁ Βρόμος. Die Ausleger nehmen nun an, die Alten hätten blofs die nackte Gerste gekannt, und darum werde diese *γυμνοσπέρματη* genannt. Aber wie der Weizen, der sich grade vom Spelz durch den nackten Samen unterscheidet, mit dem Spelz in die Klasse der Getreidearten kommt, welche viel *χιτώνας* haben, erklären sie nicht. Nimmt man aber mit mir an, dafs die Alten nur auf die Gröfse der Hülle sahen, so erklärt sich leicht, warum sie Gerste für nacktsamig hielten. Die ersten Kelchhüllen sind sehr schmal und von den Corollenhüllen oder Spelzen entfernt, so dafs sie also übersehen wurden, und nun hiefs die Gerste nacktsamig. Alle andere Getreidearten, wo die Kelchhüllen nicht allein gröfser, sondern auch näher stehen und die Blüte umfafsten werden zu vielhülligen, *πολύλοπα*, gerechnet. Ja Linné selbst nannte die Kelchhülle von *Hordeum* nur ein *involucrum*, und es fehlt ihr also der Kelch, der *χιτῶν* wie die Alten treffend sagten. Nirgends haben sie auch ein anderes Getreide zu den nacktsamigen gerechnet, als Gerste. Schneider hat dieser Erklärung seinen Beifall gegeben (s. Register). Sprengel sagt bei dieser Stelle: „dafs der Hafer am meisten vielschalig ist wird auch *d.caus.* 462. wiederholt: τὸ δ' αὖ πολυχίτωνα εἶναι καὶ τῷ βρόμῳ καὶ τῇ ζεῖε συμβέβημεν. Diese Zusammenstellung mit dem Spelz und kurz zuvor mit dem Aegilops und der Zusatz, dafs die Schalen das Korn lange unverdorben in der Erde erhalten, erlauben nicht *πολύλοπος* von der Gröfse und Länge des Kelches zu verstehen. Es mufs hier nothwendig eine Art gemeint sein, welche ihre eigenthümlichen Hüllen behält, und dieses ist nur der morgenländische Hafer oder Fahnenhafer (*Avena orientalis* Schreb.) der aufser seinen Kelchen noch besondere Corollenbälge hat, welche die Körner einschliessen, so dafs man diese nicht davon trennen kann. Daher, weil sich diese Art so schwer ab-dreschen läfst, bauen sie unsere Landleute nicht gern, obwohl sie reichlicher trägt und mehr Stroh giebt, als der gemeine Hafer.“ Ich weifs nicht was der Verfasser hier meint. Alle Haferarten, ja alle Getreidearten haben Kelche und Corollen, nach Linné'scher Bezeichnung, und wenn der Fahnenhafer allein nur besondere Corollenbälge hätte, so verdiente er wahrlich eine besondere Gattung zu bilden. Auch schliesst ja bei dem gemeinen Hafer die Corolle den Samen dicht ein, wie allgemein bekannt ist. Nur beim nackten Hafer sondert sich das Korn von der Corolle. Es ist richtig, dafs der Fahnenhafer schwerer zu dreschen ist, als der gemeine, aber nicht, weil sich

die Corolle schwer vom Korn sondert, denn diese Sonderung findet auch beim gemeinen Hafer nicht Statt sondern weil die Corollenbälge mit dem Samen zugleich sich schwerer von dem Kelche trennen, als beim gemeinen Hafer.

Spren gel sagt von derselben Stelle: „Wenn Theophrast hier zuerst die Gerste mit dem Weizen vergleicht, so hat er wahrscheinlich die Himmelsgerste (*Hordeum vulgare coeleste*) gemeint; denn diese hat ein breiteres Blatt als der Sommerweizen, einen sehr dicken Halm, und die Blätter sitzen bis dicht unter der Ähre. Sie bestaudet sich stark und verliert, wenn sie reift, die einzige Schale, welche das Korn enthält. Diefs erscheint dem Weizen ähnlich, daher man sie an einigen Orten Gerstweizen nennt; der Halm ist steif und brüchig, welches alles man nur bei dieser Abart findet. Wie sie aus der gemeinen Gerste entstanden ist, so geht sie in gutem Boden in die sechszeilige über. Es muß dieselbe Art sein die man zu Columella's Zeit baute, weil er (2. 9.) nach der Ärnthe zu eilen räth, da die nackten Körner sonst ausfallen. Auch Palladius wiederholt diesen Rath mit dem Zusatz: *arefactis spicis*, womit das Verlieren der in der Reife vertrockneten Grammen gemeint ist: eine Erscheinung die allein auf diese Abart paßt. Dies ist das *γυμνόςπισι* der Bewohner von Zante, von denen Sibthorp sagt, es sei *destitute of beards* (Walpole p. 290.) hiemit ist sowohl meine frühere Meinung, dafs die nackte Gerste, eine Abart der zweizeiligen, verstanden werde, widerlegt, als auch Links Idee beseitigt, der keine besondere Art Gerste in dieser Stelle angedeutet findet und (S. 125,) die Himmelsgerste für einerlei mit der nackten hält.“ Mir ist nicht bekannt, dafs diese Abart allein ein breiteres Blatt, als der Sommerweizen, einen sehr dicken, steifen und brüchigen Halm habe, dafs bei ihr allein die Blätter bis dicht unter der Ähre sitzen. Es ist wahr, dafs sie solche Eigenschaften besitzt, aber *Hordeum distichum* nicht blofs *nudum*, sondern auch das gemeine, wird eben so hoch und groß als *Hordeum coeleste*. Man vergleicht diese Gerste auch mit dem Roggen und der Name ägyptischer Roggen ist bei uns der gemeinste. Dafs sie in gutem Boden in die sechszeilige Gerste übergehen sollte, ist mir ganz unbekannt, doch das gehört nicht hierher. Mit Recht räth Columella mit der Ärnthe zu eilen, weil die Körner wie bei allen Gerstenarten sich leicht vom Kelch sondern und abfallen, indem der Kelch oder *involucrum* Linn. sitzen bleibt. Es ist richtig, dafs an der Himmelsgerste die Grannen

zuweilen abfallen und die Ähre vollkommen wehrlos erscheint, aber wie dieses in dem *arefactis spicis* liegen soll, sehe ich nicht ein. Palladius sagt: *Nunc prima ordeï messis incipitur quae consummanda est antequam grana arefactis spicis lapsa decurrant, quia nullis sicut triticum, folliculis vestiuntur.* Die Vergleichung mit dem nach unserm Sprachgebrauche bestimmt nacktsamigen Weizen zeigt offenbar, daß hier von keiner nackten Gerste die Rede sei. Columella sagt: *Idque (nämlich ordeum) ubi paululum maturuerit festinantius, quam ullum aliud frumentum (also auch Weizeen), demetendum erit, nam et fragili culmo, et nulla vestitum palea granum ejus celeriter decidit, iisdemque de causis facilius teritur quam cetera.* Den Vorwurf, daß ich die nackte Gerste mit der Himmelsgerste für einerlei gehalten hätte, muß ich mir schon gefallen lassen, da ich das Wort oder zweideutig gebraucht habe: nur die Himmelsgerste oder nackte Gerste (*Hordeum nudum*) und der nackte Hafer machen eine Ausnahme. Aber auf der folgenden Seite heisst es: so daß also Theophrast und die Römer z. B. Palladius, nur nackte Gestenarten, gerade die seltenern Arten oder Abarten gekannt hätten, wo deutlich von mehr als einer Gerstenart die Rede ist.

Ich gehe zu der Abtheilung der Gattung Weizen über, welche dadurch bestimmt wird, daß die Körner innerhalb der Spelzen eingeschlossen bleiben. Wir nennen sie im Deutschen allgemein Spelz. Auch hierüber sind in neuern Zeiten schätzbare Untersuchungen zur Unterscheidung der Arten und Abarten angestellt worden. *Triticum Zea Host* nennen die neuern Schriftsteller *Tr. Spelta*, und *Tr. Spelta Host* nennen sie *Tr. amyleum*, und zwar insofern richtig, weil der allgemeine Sprachgebrauch dafür ist, *Tr. Zea Host* Spelz zu nennen. *Tr. Spelta* hat entferntstehende, *Tr. amyleum* dichtstehende Ährchen. Schübler unterscheidet noch *Tr. amyleum* in zwei verschiedene Arten, in *Tr. dicoccum* und in *Tr. tricoccum* nach der Zahl der Körner, welche zur Reife gelangen. Zu diesen kommt noch *Tr. monococcum* Linn., eine Spelzart, welche schlechteres Mehl und geringen Ertrag liefert, aber in sehr schlechtem Boden gedeihet.

In der ersten Abhandlung habe ich gezeigt, daß die drei Wörter ζειὰ, ὄλυρα, τίφη Spelz bedeuten, daß zu verschiedenen Zeiten bald dieses, bald jenes von den drei Wörtern das gebräuchlichere war, und daß nur bei einigen Schriftstellern verschiedene Arten dadurch bezeichnet werden. Hierzu einige Bemerkungen.

Das Wort ζειὰ kommt in der Iliade nicht vor, nur ζειδῶρος, welches einige daher nicht von jenem Worte besonders, sondern von dem Stammworte Leben überhaupt abgeleitet haben, dagegen findet man ἔλυρα an mehreren Stellen mit Gerste zusammengestellt. Umgekehrt kommt in der Odyssee das Wort ἔλυρα nicht vor, wohl aber ζειὰ mit Weizen und Gersten zugleich genannt (ε, 604.). Man sieht also, dafs schon im frühern Alterthum beide Wörter gleichbedeutend waren, denn dafs in beiden Gedichten Spelz im Allgemeinen verstanden wurde, ist wohl ohne Zweifel. Bekanntlich sind beide Gedichte von verschiedenen Verfassern und zu verschiedenen Zeiten geschrieben, so dafs dieser verschiedene Sprachgebrauch nicht auffallen kann. Herodot sagt bestimmt (L. 2, c. 36., nicht 34., wie in der ersten Abtheilung, mit einem Druck- oder Schreibfehler gesagt wird): Die Ägypter leben von ἔλυρα, welche andere ζειὰ nennen. Also Ausdrücke verschiedener Provinzen, wie man noch jetzt in einigen Gegenden Dinkel, in andern Spelz sagt.

In den Hippokratischen Schriften kommt nur ζειὰ vor, nicht ἔλυρα, und zwar in dem zweiten Buche über die Weiberkrankheiten, worin überhaupt viele Arzneimittel genannt sind. Spelz wird unter den Getreidearten angeführt, wovon man Krankensuppen (ῥοφήματα) kocht. In dem Buche *de diaeta* L. 2, p. 676. *ed.* Kühn kommt eine Stelle vor, wo es heifst: ἡ τρύγυς κουφοτέρα πύρων. Die Wiener Ausgabe von Mack nach einem Wiener Codex hat: τίφη καὶ ζειὰ κουφοτέρα πυρεῶν. Foesius übersetzt *Tragus sive olyra*. Unstreitig ist die Wiener Lesart die richtige, denn τρύγυς ist kein Wort und τρέγος bedeutet eine Art von Graupen aus Spelz gemacht, wovon hier nicht die Rede sein kann. Kühn hätte in seiner neuen Ausgabe die die Lesart aufnehmen sollen, da sie das Ansehn eines Codex für sich hat.

Theophrast giebt über den Unterschied dieser Pflanzen wenig Auskunft. Er nennt alle drei: *Zea*, *Olyra*, *Tipha*, und redet besonders oft von den Verwandlungen dieser Getreidearten in Hafer oder Weizen, und nennt dann gewöhnlich ζειὰ und τίφη zugleich. Die Hauptstelle findet sich L. 8, c. 9. 5. 2. nach Schneider's Ausgabe. Es wird dort gesagt, dafs ζειὰ die meisten und tiefsten Wurzeln, auch die meisten (nach einer andern Lesart die dicksten) Halme habe. Die Frucht sei am leichtesten und allen Thieren angenehm; ἔλυρα sei am weichsten und schwächsten, τίφη am leichtesten, auch habe sie nur einen Halm (nach einer andern Lesart dünne Halme), verlange daher auch leichten Boden, nicht wie ζειὰ fetten und guten Bo-

den. Dafs *τίφη* Einkorn (*Triticum monococcum*) bedeute, wird aus dieser Stelle wahrscheinlich. *ὄλυρα* mag in der Mitte zwischen beiden stehen. Man muß immer bedenken, dafs Theophrast nur ein gelehrter Schriftsteller war, der, ohne die Natur selbst zu beobachten, nur gelehrt zusammenstellte. Dioscorides nennt *τίφη* nicht, wohl aber bezeichnet er das Einkorn mit *ζειά*, denn er sagt, einige seien *ἄπλη*, andere *δίκοκκος*, also hatte der Name *ζειά* schon eine ungewisse Bedeutung, denn Theophrast versteht darunter eine ganz andere Getreideart, eine Getreideart nämlich, welche einen schweren Boden verlangt, wie Einkorn nicht.

Galen hat eine gelehrte Abhandlung über die verschiedenen Namen dieser Kornart (*de alimentor. facultat.* L. 1, c. 13, p. 510. *ed.* Kühn, woraus der Druckfehler in der ersten Abhandlung zu verbessern ist). Er führt alle oben erwähnte Stellen der Schriftsteller an, ausgenommen die Iliade; ferner die nicht mehr vorhandenen Werke des Mnesitheus und Diocles. Er sagt, nie habe er ein Land gesehen, worin man *ζειά* oder *ζειά* (beides werde gesagt) baue, wohl aber in Thracien und Macedonien eine Kornart, welche ein schlechtes und schwarzes Brodt gebe, *Briza* genannt. Neuere haben dieses für Roggen gehalten, aber Galen sagt, diese Getreideart sei der *Tiphe*, einer Spelzart, sehr ähnlich, und das Einkorn giebt ebenfalls ein schwarzes Brodt. In Bithynien baue man eine Kornart, *Zeopyrum*, gleichsam in der Mitte stehend zwischen Weizen und jener *Briza*, denn das Brodt übertreffe um so viel das Brodt von *Briza*, als es dem Weizenbrodte nachstehe. Mnesitheus, fährt er fort, halte *τίφη* und *ὄλυρα* für einerlei, aber die erste gebe ein schlechteres Brodt und Mehl als die zweite. Wir sehen daraus, dafs die Alten gar nicht mehr recht wußten, was *ζειά* war, dafs einige wie Dioscorides Einkorn so benannten, aber das Volk selbst kannte dieses unter dem Namen *βρίζα*. Wie die beiden Arten *ὄλυρα* und *τίφη* verschieden sind, ist schwer zu sagen, aber letztere kann man mit Sprengel für Einkorn annehmen, wie aus der ganzen Untersuchung erhellt. Das Brodt von *ὄλυρα* ist im Ganzen besser nach Galen, als von *τίφη*. Der Spelz (*Tr. Spelta*) giebt besseres Brodt als Emmer (*Tr. amyleum*), das letzte aber weißeres Mehl. Es giebt manche Abarten dieser beiden Spelzarten, so dafs der Versuch einer genaueren Bestimmung nur ein Rathen sein würde.

Die Geoponica zeigen (L. 3, c. 3 und 4, xi.), dafs der Name *ζειά* damals wiederum der gewöhnliche war. Die Zeit wird nämlich angegeben, zu

welcher man diese Kornart säen soll. Der Verfasser giebt uns Auszüge aus Varro's und des Quintilius Schriften, Übersetzungen, wozu man das bekannteste Wort ohne Zweifel gewählt hat. Auch *τύφη* kommt dort vor, aber mit *υ*, und nichts über den Unterschied. Dafs *ἔλυσρα* damals noch ein gewöhnlicher Name war, sucht Sprengel aus L. 3, c. 7. gegen mich zu beweisen (Anm. 3. Theophr. 2, p. 289.). Es wird dort umständlich die Bereitung des *χρονδρός* (*alica*) aus Weizen gelehrt; und zuletzt wird beiläufig der Bereitung eines *χρονδρός* aus der besten *ἔλυσρα* erwähnt, völlig mit denselben Worten, wie sie in Galen's oben erwähntem Buche vorkommt.

Zu dem, was über die Gerste gesagt ist, weifs ich nichts hinzuzusetzen. Dafs Theophrast die einzeilige und fünfzeilige Gerste anführt, zeigt, wie sehr er blofs theoretischen Ansichten folgt, ohne die Natur selbst beobachtet zu haben. Da immer drei Blüthen auf jeder Seite der Ähre stehen, wovon oft nur einige fruchtbar, die übrigen männlich sind, so kann es nur Zeilen in gerader Anzahl geben, ungerade Zahlen würden ungleiche Seiten voraussetzen, welches nur bei Monstrositäten im Organismus der Fall ist. Aufser diesen zählen die Alten noch andere Abarten der Gerste auf, besonders reden sie viel von einer Achilleischen Gerste. Man sehe darüber Schneider zu Theophr. *Hist. pl.* 8. 4. 2. und Sprengel's Erläuterungen. Beide enthalten sich einer Bestimmung, welche auch nur ein blofses Rathen sein möchte.

Dafs Gerste auch mit Spelz und Weizen unter den Getreidearten vorkomme, welche Olivier wild am Euphrat fand, ist schon oben gesagt worden.

Von unsern Haferarten ist das Vaterland noch ganz unbekannt. Ich habe gesagt, dafs die Alten den Hafer nur zum Viehfutter gebrauchten, wie auch meistens bei uns geschieht. Indessen mufs ich doch eine hieher gehörige Stelle aus Galen's Buche *περὶ τροφῶν δυναμ.* ed. Kühn p. 322. 323. hieher setzen: „Der Hafer ist häufig in Asien und besonders in Mysien über Pergamum, wo auch viel Spelz und Dinkel (*τίφαι καὶ ἔλυσραι*) wächst. Er dient zur Nahrung der Lastthiere, nicht der Menschen, wenn sie nicht in Hungerjahren gezwungen werden, daraus Brodt zu machen. Sonst aber ifst man ihn aus Wasser gekocht mit süßem Wein oder gekochtem Most, oder mit Wein und Honig, wie Spelz (*τίφη*). Das daraus gebackene Brodt ist unangenehm zu essen“. Der Bau des Hafers, der im südlichen Europa

äußerst selten ist, scheint aus jenen Gegenden über das südliche Rußland, Polen und Ungarn zu uns gekommen zu sein.

Bis jetzt sind mir keine neue Gründe vorgekommen, daß der Roggen den Alten bekannt gewesen sei. Die Stelle von *Secale* bei Plinius ist wenigstens sehr zweifelhaft, wenn ich auch nicht läugnen will, daß einige Angaben derselben auf den Roggen passen. Aber was von dem Vaterlande des Roggens gesagt wurde, ist seitdem durch Marschall v. Bieberstein, den Entdecker jener wilden Roggenart, selbst berichtigt worden. Er beschreibt nämlich im *Supplem. Florae taurico-caucas.* p. 93. dieses *Secale* als eine neue Art, *Secale fragile*. Sie ist seitdem in den botanischen Gärten nicht selten, und auch in Podolien und Volhynien bei Charkow gefunden worden. Der wichtigste Unterschied von dem gebaueten Roggen besteht darin, daß die Spindel der Ähre sich von den Knoten leicht trennt, ein Umstand, der das Dreschen unnütz machen würde. So sind wir also in Rücksicht auf das Vaterland des Roggens wiederum in die vorige Unwissenheit zurückgebracht.

Ich bemühte mich, heraus zu bringen, ob *κέρχρος* oder *ἔλυμος* der Griechen, *Panicum italicum* oder *miliaceum* sei. Ich gestehe, daß ich zu viel auf die Stelle beim Theophrast rechnete, in welcher von kleinen Samen geredet und allein *κέρχρος* genannt wird. Ich setzte voraus, daß *Panicum italicum* oder *germanicum* den Alten müsse bekannt gewesen sein, welches doch nicht nothwendig ist. Es scheint mir jetzt, daß man den Angaben der alten Schriftsteller geradezu folgen müsse, ohne durch Veränderungen des Textes eine Neue herauszuzwingen. Nun ist es eine bestimmte Angabe von Theophrast, wenn er sagt, der Reis bilde keine Ähre, sondern eine Rispe wie *κέρχρος* und *ἔλυμος*. Meine Vermuthung, daß dieses letztere Wort eine Glosse sei, ist nicht erwiesen. Die Behauptung beim Dioskorides, daß *κέρχρος* mehr Nahrung gebe als *ἔλυμος*, welche ich durch eine Behauptung zu beseitigen suchte, es müsse ein Fehler im Text sein, finde ich jetzt durch Galen's Zeugniß bestätigt (*de aliment. facult.* ed. Kühn, p. 528.) welcher sagt, *κέρχρος* sei zu Allem besser *ἔλυμος* oder *μέλιος* auch *μελίνη* genannt. Also beide waren ein *Panicum* mit einer Rispe, entweder beide Abänderungen von *Panicum miliaceum*, oder eine derselben eine jetzt unbekannt nicht mehr gebauete Art. Da dieser aber das einzige Beispiel von einer Getreideart sein würde, welche die Alten gebauet hätten, ohne daß sie auf uns ge-

kommen wäre, so scheint mir die erste Vermuthung wahrscheinlicher. Wir haben auch verschiedene Abarten, sowohl in der Gröfse der Körner, als auch vorzüglich in der Farbe, indem einige goldgelb, andere beinahe schwarz sind. *Panicum italicum* oder *germanicum* kannten also die Alten vermuthlich nicht, eben so wenig als den Roggen und verschiedene Arten von Hafer.

*Panicum italicum*, unsere kleine Hirse oder Fennich wird in Indien viel gebauet, aber Roxburgh (*Flor. ind. ed. Wallich. I, 303*) sah sie nirgends wild. Der Sanskritname ist (कंगु) *kangu* oder *kongu*. Loureiro (*Flor. cochinch. 1, 58.*) sagt, dieses Gras wachse in Cochinchina, aber er setzt nicht bestimmt hinzu, ob wild oder nur gebaut. Auch von *P. miliaceum*, sanskrit. (वृचिभेद) *Vritschibheda* oder *Anu* giebt Roxburgh das Vaterland nicht an (*S. 312.*): sondern nennt es bloß ein gebauetes Gras. Roth (*Flor. ind. p. 50.*) sagt, er habe eine Abart mit zarter Rispe und spitzigen Blüten aus Sumatra von Heyne bekommen, aber es ist sehr zweifelhaft ob diese Pflanze nicht zu einer besondern Art gehört. Loureiro versetzt es nur nach China. Ferner wird *P. miliare* Lam. (*Villa schama Tel.*) in Indien gebauet und der Same, besonders von den Bergbewohnern gegessen, aber wild sah es Roxburgh (*l. c. 311.*) auch nicht. Es ist ein wahres *Panicum*. *P. frumentaceum* (*schyamaka* sankr. *Schama* beng.) wird ebenfalls in Ostindien viel gebaut, auch nie wild gefunden (Roxb. *l. c. 307.*). Es gehört zur Gattung *Echinochloa*. Andere indische Getreidearten sind: *P. aspalum scrobiculatum* (*Koradusha* sanskr. *Rodu* beng.) wird auf Bergen und unfruchtbaren Stellen gebauet und häufig gekocht gegessen, wo es, wie Roxburgh (*l. c. 281.*) sagt, eben so gut als Reis schmeckt. Das Vaterland giebt Roxburgh nicht an. *Eleusine coracana* (*Ponacra* oder *Solu* teling *Murna* beng.) wird manchmal bei Regenzeit gehaut und Roxburgh sah es auch nie wild (*l. c. 343.*) Ehrenberg sah dies Gras auch in Abessynien, aber nirgends *Poa abessinica* gebauet.

Gegen meine Behauptung daß *βόσμορον* beim Strabo (L. 15, 694.) die Sorghohirse *Sorghum vulgare* oder ein ähnliches sei, äußert sich Sprengel in den Erläuterungen zum Theophrast S. 307. „Daß dieses (nämlich *Sorghum*) auch *βόσμορον* sei, dessen Onesikratos erwähnt, daß es in Mesopotamien wachse und kleiner sei als Weizen, ist nicht zu glauben. Weder das Korn der Durra noch der Halm sind kleiner als Weizen.“ Dagegen hält Sprengel an derselben Stelle den baktrischen Weizen beim Herodot (L. 1, c. 193.) mit Körnern von der Gröfse einer Olive, wiederholt für *Sorghum*. Aber ich

wiederhole es ebenfalls und berufe mich auf die Vergleichung, daß ein Weizenkorn bedeutend größer sei als ein Korn von *Sorghum vulgare*. Übrigens finde ich in Strabo, daß *Βουρέγον* in Indien wachse, nicht in Mesopotamien, auch sagt er nirgends daß der Halm kleiner sei, als ein Weizenhalm, sondern es ist nur von der Frucht die Rede. Gebauet werden in Ostindien nach Roxburgh a. a. O. 272. 273 fg. folgende Arten von *Sorghum*, *S. vulgare* (*Dschuar* beng. *Tella* oder *Konda* teling) *S. bicolor* (*Kala deocham* beng., *Kala dschuar* hind. *Muka dschänu* tel.) und *S. saccharatum* (*Deo-dhan* beng.), wozu noch eine verwandte Gattung *S. cernuum* kommt, welche besonders die Bergbewohner von Mumpore bauen. Zuletzt *Penicillaria spicata* (*Bajca* hind. *Pedda gantae* tel. und *gantilos*). Alle diese sah Roxburgh nie wild.

Wohl aber ist der Reis, von Theophrast schon als eine indische Getreideart sehr kenntlich beschrieben, eine noch jetzt in Ostindien wilde Pflanze. Da von Roxburgh's Flora die Klasse *Hexandria* noch nicht herausgegeben ist, so müssen wir uns an das Willdenowsche Herbarium halten. In diesem machen überhaupt die von Klein und John, zwei dänischen Missionarien, besonders die von dem ersten gesammelten Pflanzen eine der schätzbarsten Sammlungen. Hier finden sich nun mehrere Exemplare mit folgendem Zettel: *Oryza fatua*, *Sennel tamul. Sponte crescit, a quibusdam comeditur incolisque affertur.* Klein. Andere mit folgendem: *Oryza spontanea frequentissima in maritimis et profundis stagnis.* Dieses bezieht sich auf die Gegend von Trankebar, woher Klein die Pflanzen schickte, und überhaupt auf die südliche Küste von Coromandel. Ich habe diese Exemplare mit Exemplaren von gebauetem Reis von Damiate verglichen, und finde nicht den geringsten botanischen Unterschied. Beide gehören zu den Abänderungen mit langen Grannen. Der wilde Reis hat etwas mehr braune Knoten, die Haare am Knoten unter der Rispe sind etwas, doch kaum eine halbe Linie, länger, die Rispe ist dünner, und mehrere Blumen haben keinen Samen angesetzt, die Verbindungsstelle der Grannen ist etwas mehr braun. Sonst stimmen sie bis auf die geringsten Kleinigkeiten mit einander überein. Von allen Getreidearten sind diese die einzigen von wilden Pflanzen gesammelten Exemplare, denn soviel ich weiß, haben Olivier und Michaux von dem wilden Weizen, dem wilden Spelz und der wilden Gerste keine Exemplare gesammelt, oder sie sind nicht mehr vorhanden. Daß man den Reis den Göttern darbringt, scheint ein Denkmal der Dankbarkeit für dieses zum

Lebensunterhalte in jenen Gegenden nothwendigen Getreide. Aus Indien verbreitete sich der Reis ohne Zweifel nach Vorderasien, Afrika, Europa und Amerika, von der andern Seite vielleicht ist er auch in Hinterindien wild nach China, wohin er seinen Weg vermuthlich mit der Buddhareligion fand, gekommen.

Loureiro (*Fl. cochinch.* 1. 267.) giebt verschiedene Arten von Reis an, die allerdings so verschieden scheinen, wie *Triticum commune*, *durum* und *turgidum*. Dafs wir sie in unserm System der Naturbeschreibung vorläufig als neue Arten betrachten müssen, scheint wohl ausgemacht, aber nichts hindert uns, sie in der Naturgeschichte auf einen Stamm zurückzuführen.

Da nun aber der Reis als ein wirklich noch im wilden Zustande vorhandenes Getreide erwiesen ist, so entsteht die Frage, wo sind die übrigen indischen Getreidearten, zu *Panicum*, *Paspalum*, *Eleusine*, *Sorghum* und verwandten Gattungen gehörig, ursprünglich einheimisch. Den östlichen Theil der Halbinsel kennen wir durch Roxburgh und die Missionarien ziemlich gut, Bengalen, die Circars, Coromandel, aber den westlichen sehr wenig, fast gar nicht in botanischer Rücksicht. Die Gegenden am Indus, das Land der Seiks mit Kabul, die Staaten der Maratten, gehören zu den wenig bekannten Ländern und selbst die englischen Besitzungen in diesem Theile, sogar die Gegend von Bombay hat dem Pflanzensystem äufserst wenige Beiträge geliefert. Dort mögen die indischen Getreide noch wild sein. Einige derselben, wie die Hirse, *Panicum miliaceum*, haben sich schon im Alterthum nach Europa verbreitet, viele nach Afrika, die Sorghumarten und *Eleusine coracana*, nur wenige sind nicht über Indien hinausgegangen, wie *Panicum miliare*, *frumentaceum*, *Paspalum scrobiculatum*. Nach Europa, Vorderasien und Afrika konnten sie vom nördlichen und westlichen Indien am leichtesten gelangen.

Die indischen Getreidearten machen die eine Klasse aller Getreidearten aus, die zweite mögen wir die persische nennen, Weizen, Spelz, Gerste. Roggen und Hafer sind die nordischen, von unbekanntem Vaterlande, vielleicht aus dem nördlichen Theile von Kleinasien, Armenien und dem westlichen Kaukasus, den Europäern noch immer sehr wenig bekannten Ländern. Der Mays ist allein amerikanisch, aber noch nirgends wild gefunden. Aber

da ihn die westlichen Völker bauen, welche erst in den neuesten Zeiten den Europäer oder Amerikanern bekannt geworden sind, so möchte wohl auch dort die Heimath dieses Getreides zu suchen sein. Alle amerikanische Tradition zeigt nach Westen oder Nordwesten, als dem Mutterlande auch der Menschheit.



Über  
das Fehlen einzelner Theile in sonst ausgebildeten  
Organismen.

Von  
H<sup>rn.</sup> K. A. RUDOLPHI.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 20. Julius 1826.]

Die Beobachtungen der älteren Schriftsteller über die pathologische Anatomie sind uns größtentheils unbrauchbar, und es konnte wohl nicht anders sein, da sie keine genaue Kenntnifs des natürlichen Baues, und vorzüglich seiner vielfältigen Abweichungen besaßen. Bei der seltenen Gelegenheit, menschliche Leichname zu zergliedern, fehlte ihnen die gehörige Vergleichung: ihre Angaben sind daher nie genau. Der Aberglaube und der damit verbundene Hang zum Wunderbaren vermochte sie auch nicht selten, etwas zu übertreiben, oder unpassende bildliche Ausdrücke davon zu gebrauchen. Wenn z. B. ein Kind mit einem Hechtskopf, mit einem Hasenkopf oder dergleichen beschrieben ward, so lag ein so geringer Schein einer entfernten Ähnlichkeit darin, daß man sich jetzt schämen würde, so etwas zu erwähnen.

Es ist aber auch bei den Neueren häufig die Untersuchung flüchtig genug geführt worden, und die gewöhnlichen Leichenöffnungen der in der Privatpraxis oder in clinischen Anstalten verstorbenen Personen werden mehrentheils zu obenhin gemacht, um wirklichen Gewinn geben zu können.

Wenn man daher die Beobachtungen der Schriftsteller an einander reihen will, so ist nichts nothwendiger, als die Fälle kritisch zu würdigen, um das Unbrauchbare zu entfernen.

Ich bin durch nichts so sehr hiervon überzeugt geworden, als durch die genauere Erforschung des angeblichen ursprünglichen Mangels einzelner Organe in sonst ausgebildeten Körpern. Dieses muß man nämlich unterscheiden, denn in Misgeburten fehlen oft ganze Systeme von Organen, oder

mehrere Organe zugleich: davon ist hier aber nicht die Rede, sondern nur von den Fällen, wo in sonst ausgebildeten Organismen einzelne Theile fehlen sollen.

Am häufigsten hat man von dem Mangel einer Niere gesprochen: ich bezweifle aber sehr, daß jemals ein solcher Fall stattgefunden hat. Wenn ältere Schriftsteller zwei zusammengewachsene Nieren als eine betrachteten, so kann das gar nicht hieher gehören, denn die flüchtigste Untersuchung zeigt darin zwei Nierenbecken und Harnleiter, so wie doppelte Blutgefäße, also wirklich zwei, nur mehr oder minder verschmolzene Nieren.

Man findet aber zuweilen wirklich nur eine Niere vor, und hier bedarf es der näheren Untersuchung. Noch in dem verflorbenen Winter fand sich auf dem anatomischen Theater in einer weiblichen Leiche nur eine Niere, und Alle sagten, die andere fehle. Ich verwies aber auf die genauere Präparation, und da zeigte sich ein Körper, der für sich unkenntlich gewesen wäre, der sich aber durch die theilweise erhaltene und an ihn hangende Nebenniere auf das Bestimmteste als eine durch Eiterung zerstörte Niere auswies. In ein paar andern Fällen fand ich die angeblich fehlende Niere als einen kleinen verkrüppelten Körper, das eine Mal kaum so groß, als eine Haselnuß, das andere Mal etwas größer, allein viel tiefer, als die Niere sonst zu liegen pflegt. Die zu diesen Körpern besonders gehenden Arterien und die durchgeschnittene Substanz ließen keinen Zweifel. Einmal fand ich bei einem neugeborenen Kinde weder Nieren noch Nebennieren, allein bei näherer Untersuchung zeigten sich an beiden Seiten der großen Gefäße ziemlich symmetrische Haufen von Hydatiden, die ungefähr den Durchmesser einer halben Linie hatten, in welche jene Organe umgewandelt waren. Vor nicht langer Zeit beobachtete ich bei einem Kinde auf der rechten Seite eine große Nebenniere und eine kleinere Niere; auf der linken Seite war die Nebenniere noch viel größer, und die Niere schien zu fehlen; es fand sich aber statt ihrer ein erbsengroßer Körper, der also in seiner Entwicklung sehr früh stehen geblieben war. Dies konnte der ursprüngliche Fehler sein, und die offenbar den Nieren sehr analoge Nebenniere sich deswegen so widernatürlich vergrößert haben; es war aber auch möglich, daß die zu rasche Vergrößerung der Nebenniere die Entwicklung der Niere verhindert hatte. Für beide Möglichkeiten finden sich leicht Beweise. Wenn ein Backenzahn bei Thieren mit zusammengesetzten Zähnen abbricht, oder sonst krankhaft

zerstört wird, so verlängert sich leicht der ihm entsprechende Zahn des andern Kiefers und wächst in die Lücke hinein. Umgekehrt, wenn Eingeweide bei einem Foetus vorgefallen sind, so wird die Extremität, welche daneben hervorgehen soll, leicht verkrüppelt und klein, weil sie nicht Platz zur Entwicklung findet.

Wenn also, um zu den Nieren zurückzukehren, von dem Fehlen einer derselben die Rede ist, so kann nur dann darüber entschieden werden, wenn die Bauch- und Beckenhöle genau untersucht sind, ob hier nämlich ein Körper liegt, der für eine durch Krankheit zerstörte, oder früh verkrüppelte Niere gehalten werden muß, und ob Gefäße da sind, welche den Nierengefäßen und Ureteren entsprechen. Auf ähnliche Weise sieht man, wenn nur eine Lunge vorhanden ist, daß die andere nicht ursprünglich gefehlt hat, sondern nur durch Krankheit zerstört ist, weil die eingeschrumpften Lungengefäße noch vorhanden sind; doch ist hier freilich auch die Vergleichung der beiden Seiten der Brusthöhle beweisend <sup>(1)</sup>.

In Ansehung der Nebennieren will ich noch bemerken, daß ich die Angabe der Schriftsteller, daß bei kopflosen Misgeburten die Nebennieren fehlen, nicht bestätigt gefunden habe. Unser Museum besitzt drei dergleichen wahre *Acephali*. In zweien derselben sind beide, und in dem dritten eine Nebenniere vorhanden. Bei den Halbköpfen finde ich aber auch die Nebennieren sehr klein, und einmal habe ich sogar bei einem solchen beide vermißt.

Sehr häufig hat man von der Gallenblase behauptet, daß sie ursprünglich gefehlt habe: ich bin aber sehr misstrauisch dagegen. Mehrere Male habe ich schon keine Gallenblase gefunden, allein ohne Ausnahme deutliche

---

(1) Spätere Anmerkung. Im November 1828. fand sich auf dem anatomischen Theater dem Anscheine nach nur eine Niere in einem weiblichen Körper. Den rechten normalen Nierengefäßen schienen keine auf der linken Seite zu entsprechen, es war nämlich keine *Arteria renalis sinistra* vorhanden, und die linke *Vena renalis* nahm nur die Nebennieren- und Saamenvenen auf. Bei genauer Untersuchung zeigte sich aber auf der rechten Seite über einen Zoll unter der ausgebildeten Niere ein länglicher Körper, der etwa anderthalb Zoll lang, zwei bis drei Linien breit und eine dick war; zu ihm ging eine eigene Arterie aus der Aorta und ein handförmiger Ureter ging zur Harnblase. Die Substanz des Körpers war sehr weich und zeigte keine deutliche Organisation. Offenbar war dieß also eine verkrüppelte Niere, und ohne genaue Untersuchung konnte man bei dem Mangel der Nierengefäße an der linken Seite sie sehr leicht für fehlend halten.

Spuren ihres früheren Daseins; nämlich Überreste des Gallenblasengangs, und an ihrer Stelle selbst eine verhärtete Masse, wenn auch nur geringen Umfangs. Man weiß aber auch, wie häufig Leberbeschwerden sind, und wie leicht sich Leberabscesse in den Queergrimmidarm öffnen, so daß die Entfernung der kranken Gallenblase leicht zu erklären ist. Ein neuerer Schriftsteller, Fr. Guil. Hnr. Trott (*de vesicula fellea specimina duo. Erlang. 1822. 4. II. p. 12.*) sagt, daß er zwei Fälle von ursprünglichem Mangel der Gallenblase kenne, die er näher zu beschreiben versprochen hat. Allein dies ist nicht geschehen, und bis dahin bleibe ich im Zweifel. Bei Vögeln sollen öfters Fälle vorkommen, wo die Gallenblase fehlt, allein jenes sind gerade Thiere, bei denen die Leber so leicht krank wird, und wenn Trott (a. a. O.) sagt, daß Perrault unter sechs Exemplaren der numidischen Jungfer (*Ardea Virgo*) bei zweien keine Gallenblase gefunden habe, so ist das falsch; Perrault spricht bloß von ihrer kranken Leber. Von den Perlhühnern dagegen sagt Perrault allerdings, daß er unter zehn Exemplaren bei einigen keine Gallenblase gefunden habe, giebt aber ausdrücklich an, daß die Leber zugleich sehr krank war, wie sie es denn bei den hühnerartigen Vögeln bekanntlich sehr leicht wird. Diese Fälle sagen also gar nichts. Es ist bei Vögeln eine große Thätigkeit in der Gallenblase, so daß in ihr und ihrem Gange zum Darm deutliche Bewegung statt findet; ein so wesentlicher Theil wird daher, ohne durch Krankheit zerstört zu sein, schwerlich so oft fehlen <sup>(1)</sup>.

Die Hoden habe ich niemals fehlen, allein ein paar Mal auf das Äusserste verküppelt gesehen. In dem einen Falle, bei einem ausgewachsenen Mann, lagen sie im Hodensack, waren aber, wie auch die Ruthe, nur so groß, wie bei einem neugeborenen Kinde. In dem andern Falle, bei einem

---

(1) Spätere Anmerkung. Im Winter 1827. habe ich einen Fall zu untersuchen Gelegenheit gehabt, der hier eine passende Stelle finden wird. Es ward ein Knabe anscheinend gesund geboren, bekam aber nach zwei Tagen die Gelbsucht und starb mit acht Wochen. Hier fanden sich eine sehr kleine zusammengeschrumpfte Gallenblase, der Gallengang wie gewöhnlich, und auch Lebergänge; allein kein *Ductus choledochus*; der Lebergang, wo er mit ihm zusammenmünden sollte, endigte sich stumpf und dick und am Zwölffingerdarm war auch nichts von ihm zu sehen. Ursprünglich hatte er aber schwerlich gefehlt, da die Stelle, wo er entspringen sollte, so widernatürlich verdickt war. Eine Abbildung des Präparats findet sich in C. Fr. Jul. Donop *Diss. de Ictero Neonatorum Berol. 1828. 4.*

achtzigjährigen Greise, war der Hodensack leer, und die Hoden lagen am Schaamberge aufserhalb des Bauchrings. Der eine war so grofs, wie bei einem neugeborenen Kinde, der andere war aber nur ein Klümpchen dichtes Zellgewebe, doch waren bei beiden die Samenleiter und Samengefäfsse vorhanden. In diesen Fällen war es gewifs Mangel an Entwicklung. Interessant ist aber Larrey's Beobachtung, dafs bei mehreren Soldaten in Ägypten durch den Genufs des mit *narcoticis* vermischten Brantweins die Hoden schwanden und zugleich ein Schwachsinn eintrat. Würde das letztere bei einer Verkleinerung des Hoden gefunden, so wäre es wohl ohne Weiteres ein Zeichen dafs sie krankhaft verkleinert wären, denn die Sympathie zwischen den Geschlechtstheilen und dem Gehirn, vorzüglich dem kleinen Hirn, ist aufserordentlich grofs.

Walter (*Museum Anatomicum* p. 112. n. 778.) führt ein Präparat weiblicher Geschlechtstheile auf, woran der rechte Eierstock fehle. Allein ich habe das Präparat untersucht und der Eierstock fehlt nicht; nur liegt er an einem langen *ligamentum ovarii* weiter von der Gebärmutter entfernt, als gewöhnlich, und wird von dem Ende der Fallopischen Röhre umgeben, wie es mehrentheils bei den Thieren geschieht. Der linke Eierstock ist von natürlicher Gröfse, der rechte aber nur wenige Linien lang, hat aber nicht die lange cylindrische Gestalt, wie bei dem Embryo, sondern ist elliptisch, hat sich also verändert, hat die Gestalt angenommen, die er haben sollte, ist aber viel zu klein geblieben, woran wohl die Entfernung von der Gebärmutter und der daher verminderte Andrang des Bluts schuld war.

Unter den Gefäfsen giebt es tausendfache Abweichungen, da ein Organ von verschiedenen Seiten sein Blut empfangen kann. Es schliessen sich zuweilen krankhaft Gefäfsse; es sind zuweilen Gefäfsse krankhaft unentwickelt, allein sie fehlen nicht.

Unter den Muskeln habe ich unzählige Male überschüssige oder verdoppelte gesehen; wesentliche habe ich dagegen nie fehlen, nur kleinere Spannmuskeln einiger Sehnenhäute, den *pyramidalis abdominis*, den *psaos minor*, den *plantaris*, den *palmaris*. Ihre Sehnenhäute fehlen auch nicht. Wenn der *palmaris longus* öfters fehlt, so ist das Gegentheil mit dem *plantaris brevis* der Fall, den ich nur ein einziges Mal und zwar an beiden Händen habe fehlen sehen; dafür nahm aber die verstärkte *aponeurosis palmaris* den ganzen Raum ein, den er hätte ausfüllen sollen. Der *plantaris longus* hat

bei uns wenig Thätigkeit; eben so der *psaos minor* und der *pyramidalis*, den letzteren besitzen nur wenige Thiere; dafs es nur ein Spannmuskel ist, ist klar, denn ich habe ihn bei der Hyäne und bei dem Eisbären, zwar in der Scheide der geraden Bauchmuskeln, allein nicht innerhalb sondern an der äufsern Seite der letztern gefunden. Zuweilen fehlt ein Geminus, dann ist der andere gewöhnlich gröfser.

Im Gehirn sollen ein paar Male Theile gefehlt haben, allein kein einziger Fall der Art ist gehörig erwiesen. Die Zirbeldrüse z. B. ist von ungebübten Händen sehr leicht mit den sie umgebenden Gefäfsen wegzunehmen; wenn also von ihrem Mangel so obenhin gesprochen wird, so ist gar nichts darauf zu geben. Eben so wenig auf den angeblichen Mangel der durchsichtigen Scheidewand, die wegen ihrer Zartheit, besonders wenn Wasser im Gehirn ist, oft bei aller Sorgfalt zerreift, und dann zu fehlen scheint. Sie greift so wesentlich in den Gehirnbau des Menschen und der Säugthiere ein, dafs ich mir die Gehirnbildung bei ihrem Mangel gar nicht vorzustellen wüfste. Etwas ähnliches gilt wohl vom *Corpus callosum*, welches ich tief eingerissen gesehen habe; Reil soll es einmal vermifst haben; es war auch ein angebliches Präparat davon in dessen Nachlaf vorhanden, woran ich aber nichts habe erkennen können. Ich habe wohl das hintere Horn der Seiten-Hirnhölen kleiner, habe die Zirbeldrüse voll Wasser u. s. w. gesehen, allein nie etwas fehlen.

Nerven der Haut, der Muskeln u. s. w. fehlen nie, ohne sie wäre jener Leben undenkbar.

Was dagegen allerdings zuweilen fehlt, sind die Sinnesorgane, und dann auch ihre Nerven, Muskeln u. s. w.

1. Von mangelnden Zungenwärzchen an einer menschlichen Zunge in des verstorbenen Bonn's Kabinet erzählt Sömmerring; wie sich der Geschmacksnerve dabei verhalten hat, ist aber nicht bekannt.

2. Von den mangelnden Geruchsnerven bei einem Menschen, der nichts roch, erzählt Rosenmüller ein Beispiel; ich habe vor ein paar Jahren das Präparat in Leipzig untersucht, und mufs gestehen, dafs ich nicht blofs die Geruchsnerven am Gehirn vermifste, sondern auch deren Ausbreitung an der Scheidewand, deren Haut zurückzulegen mir erlaubt ward.

Wir besitzen ebenfalls ein solches Präparat, jedoch ohne zu wissen, ob der Mann, von dem es ist, riechen konnte oder nicht. Knape wollte

das Gehirn zur Demonstration gebrauchen, und wie er die seltene Misbildung fand, rief er mich mit seiner gewohnten Güte herbei und schenkte mir den Kopf für das Museum. Auf der einen Seite ist der Geruchsnerve etwa einen halben Zoll lang und hört dann spitz auf; auf der andern fehlt er ganz, doch sind ein paar seiner Wurzeln vorhanden. In der Nasenhöhle ist keine Spur von den Zweigen der Geruchsnerven.

Ein Mangel der Augen ist so gar selten nicht. Ich habe einmal bei einem neugeborenen Kinde das rechte Auge mit allen äußern und innern Theilen, mit dessen Muskeln, Nerven, ja selbst mit der Augenhöhle fehlen sehen, so daß die Haut an der Seite glatt von der Stirn zur Wange lief, und habe den Fall in den Schriften der Königl. Akademie ausführlich beschrieben. Ein andres Mal vermifste ich bei einem neugeborenen Kinde beide Augäpfel, allein alle äußeren Theile, Augenbrauen, Augenlieder u. s. w. waren vollständig ausgebildet, so daß Malacarne's Eintheilung der zu den Augen gehörigen Theile in mehrere Systeme dadurch sehr wohl erläutert ward.

Bei den Taubstummen ist gewöhnlich nur ein Fehler in der Paukenhöhle wahrzunehmen, es kann aber auch das ganze Labyrinth fehlen, wie ich selbst beobachtet habe, so daß der Felsentheil des Schläfens sehr geschwunden war.

Beiläufig will ich hier bemerken, daß es doch nicht so gleichgültig ist, wenn sich Personen mit mangelnden Sinnen heirathen, wie Manche geglaubt haben. Hier in Berlin ist ein Fall beobachtet, wo ein Tauber eine Hörende geheirathet hat: die in dieser Ehe erzeugten Knaben sind sämmtlich taubstumm, während die Mädchen gut hören. Aus Nordamerika ist ein Fall erzählt, wo in einer Familie die Blindheit viele Mitglieder mehrere Generationen hindurch in einem gewissen Alter betroffen hat. Es geht hier sogar in das Allerspeciellste. Bloch erzählte von einer hiesigen bürgerlichen Familie, bei der eine Spaltung der Iris und eine *Cataracta centralis* erblich sei; ich kenne hier noch ein Mädchen aus einer späteren Generation dieser Familie, das auf beiden Augen mit demselben Übel behaftet ist. Wir sehen ja auch den Mangel des schwarzen Pigments der Augen sich bei Thieren, z. B. den weißen Mäusen und Kaninchen, auf das leichteste fortpflanzen.

Vielleicht eben wegen der starken Sinneseinwirkung die leichte Fortpflanzung der Krankheiten der Sinnesorgane, und daher ihr häufigeres Vorkommen.

---

Stellen wir also zusammen, was im Einzelnen zuweilen fehlt, so sehen wir, daß es im Ganzen nicht viel ist, und man kann es vielleicht unter folgende Punkte zusammen fassen:

Erstlich, wo ein krankhafter Zustand gleich in dem ersten Entwickeln desselben bei dem Embryo daran schuld war.

Meckel nimmt alles Mehrfache für vergrößerte, alles Fehlen für verminderte Energie, allein davon wissen wir nichts. Er glaubt nämlich mit C. F. Wolff, daß doppelte, vereinigte Früchte von einem Keim aus, durch vermehrte Kraft doppelt ausgebildet sind, allein das ist leicht zu widerlegen. Zwei, drei Keime können bei der Empfängniß successive, wenn auch in der schnellsten Folge, jeder für sich entstehen und getrennt bleiben, können aber auch in demselben Moment und so zugleich hervorgehen, daß die Keime sich wechselseitig durchdringen, und nun von diesem, von jenem Punkt aus, ihre Systeme gemeinschaftlich auseinander stralen. Zuweilen ist das Gehirn, das Rückenmark, das Herz und die Gefäße von einem Theil ausgehend; zuweilen hängen nur Foetus am Kopf zusammen, so daß sich bloß die Kopfknochen und die Gehirnhäute vereinigt zeigen, die Gehirne und die großen Gefäße aber in keinem Punkte zusammenfließen; zuweilen ist der unterste Theil des Rückenmarks bei den Kindern ganz allein gemeinschaftlich, alles Übrige aber getrennt. Wolff und Meckel hatten nur solche Fälle vor Augen, wo beide Foetus mit einem gemeinschaftlichen Nabelstrang versehen waren, allein sobald sie nicht mit der Bauch-, sondern mit der Rückenseite verschmolzen sind, so hat jedes Kind seinen eigenen Nabelstrang. An drei unter einander verschmolzene Foetus dachten sie nicht, sonst möchten sie wol die Theorie noch weniger angenommen haben.

Hier ist also von keiner größeren Energie die Rede, so wenig als von einer geringeren bei dem Mangel eines Theils. Oft sind Kinder auf das Kräftigste ausgebildet, allein ein ganzer, ein halber Arm, ein Paar, alle Extremitäten fehlen. Hier ist wahrscheinlich die Vegetation durch das gestört, was bei dem Foetus am allerfeindlichsten einwirkt, nämlich durch Überfüllung mit Blut. Die Regeneration wird nicht durch schwächere Reaction

verhindert, sondern durch stärkere, daher bei kaltblütigen Thieren Regenerationen, die bei warmblütigen unmöglich sind.

Zweitens. Es ist aber auch sehr wohl möglich, dafs der Keimstoff bei der Empfängniß nicht Alles enthält.

Aus eben dem Grunde sind auch einzelne Theile, besonders bei Zwillingsgeburten, überschüssig vorhanden, und Acephali werden wohl selten allein geboren. Ich habe in den Schriften der Akademie einen Fall beschrieben, wo neben zwei völlig ausgetragenen Kindern ein bloßer Kopf geboren ward; Ruysch (*Thesaurus* IX. n. XXIV.) erzählt einen Fall, wo am Mutterkuchen eines ausgetragenen, starken Kindes, ein einzelner Fuß an einer Fettgeschwulst hing, und im Grunde gehören alle die häufigen Fälle hieher, wo sonst wohl und vollständig ausgebildeten Kindern einzelne überschüssige Theile anhängen. Es war in solchen Fällen mehr Keimstoff vorhanden, als zu zweien, allein nicht genug zu dreien; mehr als zu einem, aber nicht genug zu zweien u. s. f.

Übrigens will ich zum Schlusse bemerken, dafs die Theorie, welche kürzlich Serres in seiner vergleichenden Anatomie des Gehirns aufgestellt hat, die Entstehung und den Mangel der Theile um nichts besser erkläre, als die früher gewöhnlich angenommene. Statt dafs man sonst die Bildung vom Centrum annahm, glaubt Serres, dafs sie von der Peripherie ausgehe und nach dem Centrum dringe. Jede Regeneration aber spricht gegen ihn, so wie die frühere Bildung des Stammes, die spätere des Kopfs, der Extremitäten, und dieser im Einzelnen ganz vom Centrum aus. Gegen die frühere Theorie spricht das Ausgebildetsein vieler Organe, während die Centralorgane frühzeitig krankhaft fehlten, z. B. das Vorkommen der Nerven in allen Theilen, bei gänzlichem Mangel des Gehirns und Rückenmarks.

Ich habe daher in allen Theilen des Centrums, wie der Peripherie, nach Maafgabe des Zeitpunets ihrer Entwicklung, die Entstehung an jedem Orte als primitiv, oder durch Zeit und Ort als nothwendig bedingt, ansehen zu müssen geglaubt, und finde gegen diese Theorie bis jetzt keine entkräftende Gründe.





# Weiterer Verfolg des Lehrsatzes über die Theilung des Dreiecks (\*).

H<sup>rn.</sup> <sup>✓</sup> Von  
WEISS.

~~~~~

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 13. Juli 1826.]

Fernere Lehrsätze über das Dreieck, welches durch drei aus den Ecken durch einen gemeinschaftlichen beliebigen Punkt nach den gegenüberliegenden Seiten gezogene Linien getheilt ist ⁽¹⁾.

Es geht aus dem früher (a. a. O.) entwickelten Lehrsatz, einem der ersten, auf welchen mich meine krystallographischen Untersuchungen leiteten, eine große Reihe von Folgesätzen hervor, unter denen gewiß mehrere eine allgemeinere Aufmerksamkeit verdienen. Um sie zum Theil auch in Worten aussprechen zu können, werden wir die gegen die Ecken des Dreiecks ABC gerichteten Stücke o, u, y (Fig. 1. a. a. O.) der getheilten inneren Linien (CE, AD und BQ) die Eckstücke, die gegen die Seiten (AB, BC und AC) gekehrten, $p, v; z$ die Seitenstücke derselben nennen. Die Stücke der getheilten Seiten, wie a, e, i , oder b, f, k ⁽²⁾ heißen abwechselnde, solche, wie a und f, b und i, e und k gegenüberliegende, solche, wie a und k, b und e, f und i , benachbarte oder an- (einander) liegende, solche, wie a und b, e und f, i und k endlich einander zugehörige, oder Supplementstücke.

(*) S. die Schriften der physikalischen Klasse vom Jahre 1824. S. 241 fgg. desgleichen von den Jahren 1818 und 1819. S. 277.

(¹) S. Fig. 1. Taf. 1. der angef. Abhandl. v. 1824.

(²) $a + b = AB; e + f = BC; i + k = AC$; eben so ist
 $o + p = CE; u + v = AD; y + z = BQ$.

Wir wollen mit einem Folgesatze beginnen, welcher sich an die letzten in der vorigen Abhandlung gefolgerten ⁽¹⁾ zunächst anschließt, und auf der nämlichen dort angegebenen Proportion beruht, wie diese. Wir bewiesen nemlich dort: dafs

$$\frac{o}{o+p} = \frac{v}{u+v} + \frac{z}{y+z}; \text{ dafs ferner}$$

$$\frac{p}{o+p} + \frac{v}{u+v} + \frac{z}{y+z} = 1, \text{ und } \frac{o}{o+p} + \frac{u}{u+v} + \frac{y}{y+z} = 2$$

Die Proportion, aus welcher sich dies ergab, die 20^{te} der a. a. O. S. 245. angeführten,

$$o : p : o + p = z(u+v) + v(y+z) : uy - vz : (u+v)(y+z)$$

gibt nun unmittelbar den

F o l g e s a t z I.

$$ouy = 2pvz + ovz + upz + ypv$$

welches sich auch so ausdrücken läfst,

$$ouy = vz(o+p) + pz(u+v) + vp(y+z) - pvz$$

In Worten: *Das Produkt der Eckstücke der (getheilten) inneren Linien ist gleich dem doppelten Produkt der Seitenstücke, hinzu addirt die Summe der drei Produkte des Eckstücks der einen mit den Seitenstücken der beiden anderen.*

Oder: *es ist gleich der Summe der drei Produkte einer ganzen inneren Linie mit den Seitenstücken der beiden anderen, abgezogen das Produkt der drei Seitenstücke unter sich.*

Außerdem ergibt sich hier, wie überall, wo wir Gleichungen für die Produkte je dreier Linien haben ⁽²⁾, dafs diejenigen rechtwinklichen oder überhaupt gleichwinklichen Parallelepipede oder Summen von Parallelepipeden einander gleich sind, deren Seiten sich verhalten, wie die

(1) a. a. O. S. 246.

(2) Schon in den vier Gleichungen, welche wir aus unserm Lehrsatz in seiner ersten Gestalt zogen (a. a. O. S. 244. Note 1.), waren die Folgesätze enthalten, dafs z. B. zwei rechtwinkliche Parallelepipede sich gleich sind, deren eines zu seinen Seiten die Linien n, y, a , das andre die Linien $m, x, (a+b)$ nach der dortigen Bezeichnung hat; oder dafs das rechtwinkliche Parallelepiped mit den Seiten, n, y, v , gleich ist der Summe der drei, deren Seiten die Linien sind: m, x, v ; m, x, w ; und m, y, w ; u. s. f.

(mit einander zu multiplicirenden) Linien auf der einen Seite der Gleichung, zu denen auf der andern Seite; im obigen Falle ist die Summe der fünf (gleichwinklichen) Parallelepiped der mit einander zu multiplicirenden Linien der zweiten Hälfte der Gleichung gleich dem Parallelepiped der Linien der ersten Hälfte.

Eine bloße Variation dieses ersten Folgesatzes ist z. B. die Gleichung

$$ou(y+z) = pv(y+z) + z(o+p)(u+v);$$

in Worten: *das Produkt zweier Eckstücke mit der ganzen dritten inneren Linie ist gleich dem Produkt der zugehörigen Seitenstücke mit der nemlichen dritten, plus dem des Seitenstücks der letzteren mit den beiden andern ganzen.* Oder:

$$o(u+v)(y+z) = z(o+p)(u+v) + v(o+p)(y+z),$$

d. i. *das Produkt des Eckstücks mit den beiden andern inneren Linien ist gleich der Summe der zwei Produkte, je eines Seitenstücks der beiden letzteren, mit den beiden andern ganzen.*

Beide Formen ergeben sich direct aus der Vergleichung unserer angeführten 10^{ten} Proportion mit der 8^{ten} (1).

$$\text{II. } \begin{cases} eko = p(ei + fk) \\ biu = v(bk + ai) \\ afy = z(ac + bf) \end{cases}$$

In Worten: *Das Produkt zweier gegenüberliegender Stücke der Seiten des Dreiecks mit dem Eckstück der sie nicht berührenden inneren Linie ist gleich dem Produkt des Seitenstücks derselben inneren Linie mit der Summe der Produkte aus den nemlichen einzelnen Stücken der Seiten in das Supplement der anderen.*

Der Beweis liegt in der 6^{ten}, 7^{ten} und 13^{ten} der a. a. O. gegebenen Proportionen am Tage (2).

(1) Dort war nemlich:

$$\begin{aligned} &v(o+p) : o(u+v) = v(y+z) : z(u+v) + v(y+z) \\ \text{Also } &o(u+v)(y+z) = (o+p)z(u+v) + (o+p)v(y+z) \\ \text{und } &ou(y+z) = pv(y+z) + (o+p)z(u+v), \text{ wie oben.} \end{aligned}$$

(2) Die 13^{te} Proportion z. B. gab

$$o : p = fk + ei : ek; \text{ daher } eko \text{ u. s. w. wie oben.}$$

$$\text{Die 6^{te} gab } a : b = iu - kv : iv;$$

$$\text{also } biu = aiv + bkv = v(ai + bk) \text{ wie oben.}$$

$$\text{Die 7^{te} gab } a : b = fz : fy - ez; \text{ daher}$$

$$afy = bfz + aez = z(ac + bf)$$

Um für eine Gröfse, wie $(ei+fk)$, einen kurzen Ausdruck zu haben, können wir sie auch das Kreuzprodukt in der Ecke nennen ⁽¹⁾, im Gegensatz des Kreuzproduktes an der Seite, wie wir eine Gröfse wie $(ae+bk)$, oder auch des Kreuzproduktes quer-über, oder an- Eck'-und-Seite, wie wir eine Gröfse wie $(af+bi)$ nennen würden; endlich auch im Gegensatz der Nicht-Kreuzprodukte, wie z. B. $ai+fb$.

Aus den drei vorigen Gleichungen (II) zusammen ergibt sich:

$$\text{III. } abefikouy = pvz (ei+fk) (bk+ai) (ae+bf), \text{ oder} \\ pvz : ouy = abefik : (ei+fk) (bk+ai) (ae+bf), \text{ d. i.}$$

das Produkt der Seitenstücke der inneren Linien verhält sich zum Produkt der Eckstücke, wie das Produkt der sechs Stücke der Seiten des Dreiecks zum Produkt aus den drei Kreuzprodukten in der Ecke; oder (erste Gleichung) das Produkt der Eckstücke der inneren Linien in die sechs Stücke der Seiten ist gleich dem Produkt der Seitenstücke der inneren Linien mit den Kreuzprodukten in der Ecke.

$$\text{IV. } \begin{cases} beou = pv (a+b) (e+f) \\ fiuy = vz (e+f) (i+k) \\ akoy = pz (a+b) (i+k) \end{cases}$$

Es ist also das Produkt zweier in einem Winkel des Dreiecks zusammenstossender Stücke der Seiten mit den Eckstücken der inneren Linien der beiden anderen Winkel gleich dem Produkt der nemlichen ganzen Seiten mit den Seitenstücken derselben inneren Linien.

⁽¹⁾ Aus der in der vorigen Abhandlung a. a. O. S. 242. aus dem allgemeinen Lehrsatz abgeleiteten Gleichung $aci = bfk$ (im abgekürzten Ausdrucke, vgl. Prop. 1. S. 245.) geht hervor, dafs eine Gröfse wie $ei+fk = \frac{a}{b} ci + \frac{b}{a} fk$; eine Gröfse wie $ae+bk = \frac{i}{f} ae + \frac{f}{i} bk$; und eine solche wie $ai+fb = \frac{e}{k} ai + \frac{k}{e} fb$; eine Reihe auszeichnender Eigenschaften, welche eine Gröfse wie $(af+bi)$ nicht mit ihnen theilt.

Dafs $ci(a+b) = b(ei+fk)$, $fk(a+b) = a(ei+fk)$ u. s. f., wie z. B. die Vergleichung der 12^{ten} und 13^{ten}, der 11^{ten} und 13^{ten} Proportion direct giebt, ist die nächste Folge von $aci = bfk$; aus beiden aber geht wieder hervor

$$eifk(a+b)^2 = ab(ei+fk)^2, \text{ und hieraus} \\ ei+fk = (a+b) \sqrt{\frac{eifk}{ab}}; \text{ auch} \\ eifk(a^2+b^2) = ab((ei)^2+(fk)^2) = ab(e^2i^2+f^2k^2); \text{ oder auch} \\ (ei)^2+(fk)^2 = \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a}\right) eifk$$

Der Beweis findet sich für die zweite Form aus der Vergleichung unserer 2^{ten} und 3^{ten} Proportion; einen andern werde ich unten bei No. XIV. hinzufügen.

Folgerungen wie diese, $be : (a+b) (e+f) = pv : ou$ oder $\frac{o}{p} : \frac{v}{u} = \frac{a+b}{b} : \frac{e}{e+f}$ bedürfen kaum einer besonderen Erwähnung (1). Aussprechen ließe sich die erstere Proportion so: *das Produkt zweier anliegender Stücke der Seiten verhält sich zum Produkt der nemlichen ganzen Seiten, wie das der sie berührenden Seitenstücke der inneren Linien zu dem der Eckstücke derselben inneren Linien.* Die zweite: *Der Quotient eines Eckstücks einer inneren Linie durch sein Seitenstück verhält sich zum Quotienten des Seitenstücks durch das Eckstück einer der beiden anderen, wie der Quotient der zugekehrten Seite des Dreiecks durch das von der zweiten inneren Linie abgekehrte Stück derselben Seite zum Quotienten des anliegenden Stückes der anderen durch die ganze.*

Aus den drei obigen Gleichungen (IV) zusammen ergibt sich (vgl. auch VII. zu Ende):

$$\text{V. } abefiko^2u^2\gamma^2 = p^2v^2z^2(a+b)^2(e+f)^2(i+k)^2, \text{ und} \\ ouy\sqrt{abefik} = pvz(a+b)(e+f)(i+k);$$

$$\text{also } pvz : ouy = \sqrt{abefik} : (a+b)(e+f)(i+k), \text{ d. i.}$$

es verhält sich das Produkt der Seitenstücke der inneren Linien zu dem der Eckstücke, wie die Quadratwurzel des Produktes der sechs Stücke der Seiten zum Produkt der drei Seiten des Dreiecks; oder: das Produkt der sechs Stücke der Seiten in die Quadrate der Eckstücke der inneren Linien ist gleich dem Produkt der Quadrate der Seitenstücke in die Quadrate der Seiten des Dreiecks, oder: das Produkt der Eckstücke (der inneren Linien) in die Quadratwurzel der sechs Stücke der Seiten ist gleich dem Produkt der Seitenstücke in die drei Seiten des Dreiecks.

(1) So leuchtet auch unmittelbar ein, dafs, wo wir, wie hier, Gleichungen für die Produkte von mehr als drei Linien haben, die gleichwinklichen Parallelepipede, die mit je drei beliebigen dieser Linien der zweierlei Hälften der Gleichung construirt werden, in einem Verhältnifs stehen, welches die Gleichung angiebt; so im obigen Fall, wo der Linien je vier sind, die Parallelepipede, das eine mit den Linien e, o, u , das andere mit denen $p, v, e+f$, verhalten sich umgekehrt wie ihre zugehörigen vierten Linien d. i. wie $a+b : b$, oder die mit den Linien b, e, u und $v, a+b, e+f$, wie $p : o$ u. s. f.

Vergleicht man nun diese Gleichung mit der obigen No. III., so folgt:

$$\text{VI. } (a+b)(e+f)(i+k)\sqrt{abefik} = (ei+fk)(bk+ai)(ae+bf)$$

also: *das Produkt der drei Seiten des Dreiecks multiplicirt mit der Quadratwurzel des Produktes ihrer sechs Stücke, ist gleich dem Produkt der drei Kreuzprodukte in den Ecken.*

Einen minderen Grad von Symmetrie in der Lage der bezeichneten Theile, aber dennoch einen gleich hohen Grad von Einfachheit in der Form zeigen die folgenden Gleichungen:

$$\text{VII. } \begin{cases} aeo = fp(a+b) \\ bko = ip(a+b) \\ eiu = kv(e+f) \\ fbu = av(e+f) \\ iay = bz(i+k) \\ kfy = cz(i+k) \end{cases}$$

Wollte man auch diesen Gleichungen noch Worte geben, so würde man sagen können: *das Produkt zweier abwechselnder Stücke der Seiten mit dem sie beide nicht berührenden Eckstücke ist gleich dem Produkt aus dem Seitenstück derselben inneren Linie, der ganzen Seite, gegen welche diese sich kehrt, und dem Supplementstück der anderen von jenen zwei Seiten.*

Die Richtigkeit dieser Gleichungen aber ergibt sich aus der 2^{ten}, 3^{ten}, 4^{ten} und 5^{ten}, so wie aus der 11^{ten} und 12^{ten} unserer a. a. O. entwickelten Proportionen theils unmittelbar, theils durch Substituierung der analogen Glieder; oder auch durch Vergleichung z. B. der 11^{ten} und 14^{ten}, der 12^{ten} und 15^{ten}, der 13^{ten} und 16^{ten}, der 13^{ten} und 17^{ten}, der 13^{ten} und 19^{ten}, der 14^{ten} und 16^{ten}, der 15^{ten} und 17^{ten}, der 16^{ten} und 19^{ten} Proportion.

Aus diesen sechs Gleichungen zusammen folgt wieder:

$$\begin{aligned} a^2 b^2 e^2 f^2 i^2 k^2 o^2 u^2 j^2 &= p^2 v^2 z^2 (a+b)^2 (e+f)^2 (i+k)^2 abefik, \text{ d. i.} \\ abefiko^2 u^2 j^2 &= p^2 v^2 z^2 (a+b)^2 (e+f)^2 (i+k)^2, \text{ wie oben in No. V.} \end{aligned}$$

Zugleich wäre also mit No. V. auch die Richtigkeit der Gleichungen No. IV. indirect bewiesen.

$$\text{VIII.} \begin{cases} aoy = z(ap + bp + bo) = z(ap + b(o + p)) = z(bo + p(a + b)) \quad (1) \\ bou = v(ap + bp + ao) = v(bp + a(o + p)) = v(ao + p(a + b)) \\ eou = p(ev + fv + fu) = p(ev + f(u + v)) = p(fu + v(e + f)) \\ fuy = z(ev + fu + eu) = z(fv + e(u + v)) = z(eu + v(e + f)) \\ iuy = v(iz + kz + ky) = v(iz + k(y + z)) = v(ky + z(i + k)) \\ koy = p(iz + kz + iy) = p(kz + i(y + z)) = p(iy + z(i + k)) \end{cases}$$

Auch dies läßt sich, obwohl nur schwerfällig, mit Worten etwa so ausdrücken: *das Produkt zweier Eckstücke der inneren Linien mit einem nicht von ihnen berührten Stücke der Seite des Dreiecks ist gleich dem die Seite nicht berührenden, zu einem der genannten Eckstücke gehörenden Seitenstück, multiplicirt mit der Summe der Produkte des genannten Stückes der äußeren Seite durch das gegen sie gekehrte Seitenstück, und des Supplementstückes des ersteren mit der ganzen gegengekehrten inneren Linie.*

Der Beweis dieser Gleichungen liegt in der 8^{ten} und 9^{ten}, so wie in der 14^{ten} und 15^{ten}, desgleichen in der 16^{ten} und 17^{ten} unserer gegebenen zwanzig Proportionen, so wie in der Substitution gleichgeltender Stücke.

Aus diesen sechs Gleichungen folgt:

$$\text{IX. } abefiko^2n^2y^2 =$$

$$p^2v^2z^2(p(o+p)(a+b)^2 + o^2ab)(v(u+v)(e+f)^2 + u^2ef)(z(y+z)(i+k)^2 + y^2ik)$$

Und da nach V. $p^2v^2z^2 = \frac{abefiko^2u^2y^2}{(a+b)^2(e+f)^2(i+k)^2}$, so folgt (2)

$$o^2u^2y^2 = \frac{(p(o+p)(a+b)^2 + o^2ab)(v(u+v)(e+f)^2 + u^2ef)(z(y+z)(i+k)^2 + y^2ik)}{(a+b)^2(e+f)^2(i+k)^2},$$

$$ouy = \frac{\sqrt{p(o+p)(a+b)^2 + o^2ab}}{a+b} \cdot \frac{\sqrt{v(u+v)(e+f)^2 + u^2ef}}{e+f} \cdot \frac{\sqrt{z(y+z)(i+k)^2 + y^2ik}}{i+k} =$$

$$\sqrt{p(o+p) + \frac{o^2ab}{(a+b)^2}} \cdot \sqrt{v(u+v) + \frac{u^2ef}{(e+f)^2}} \cdot \sqrt{z(y+z) + \frac{y^2ik}{(i+k)^2}}$$

(1) Die Wiederholung dieser Ausdrücke in der verschiedenen Form mag unter andern zur Vergleichung der verschiedenen Ausdrücke desselben Satzes in Worten Veranlassung geben, wer dieser weiter folgen will.

(2) Wenn man nemlich die Glieder im zweiten Theil der Gleichung so combinirt, wie in der letzten Columne geschehen ist, $aoy = z(bo + p(a + b))$, $bou = v(ao + p(a + b))$, und $bo + p(a + b)$ mit $ao + p(a + b)$ multiplicirt, so ist das Produkt $(a + b)op(a + b) + p^2(a + b)^2 + o^2ab$, d. i. $(op + p^2)(a + b)^2 + o^2ab$, oder $p(o + p)(a + b)^2 + o^2ab$ u. s. f.

Oder da nach V. $ouy = \frac{(a+b)(c+f)(i+k)pvz}{\sqrt{abefik}}$, so ist

$$\frac{(a+b)^2(c+f)^2(i+k)^2}{\sqrt{abefik}} =$$

$$\frac{\sqrt{p(o+p)(a+b)^2+o^2ab}}{p} \cdot \frac{\sqrt{v(u+v)(c+f)^2+u^2ef}}{v} \cdot \frac{\sqrt{z(y+z)(i+k)^2+y^2ik}}{z} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{o+p}{p}\right)(a+b)^2 + \left(\frac{o}{p}\right)^2 ab} \cdot \sqrt{\left(\frac{u+v}{v}\right)(c+f)^2 + \left(\frac{u}{v}\right)^2 ef} \cdot \sqrt{\left(\frac{y+z}{z}\right)(i+k)^2 + \left(\frac{y}{z}\right)^2 ik}$$

X. Eine Nebengestaltung der Folgesätze No. VIII. wie sie z. B. die Vergleichung unserer 10^{ten} Proportion mit der 6^{ten} und 7^{ten} giebt, ist:

$$ay(o+p) = bz(o+p) + ap(y+z)$$

$$fy(u+v) = ez(u+v) + fv(y+z)$$

$$bu(o+p) = av(o+p) + bp(u+v)$$

$$iu(y+z) = kv(y+z) + iz(u+v)$$

$$eo(u+v) = fp(u+v) + ev(o+p)$$

$$ko(y+z) = ip(y+z) + kz(o+p)$$

Aus der Summirung dieser sechs Gleichungen entsteht:

$$\text{XI. } (ay+bu)(o+p) + (eo+fv)(u+v) + (iu+ko)(y+z) =$$

$$(v(a+e) + z(b+k))(o+p) + (z(e+i) + p(b+f))(u+v) +$$

$$(p(a+i) + v(f+k))(y+z)$$

$$\text{Also } (a(y-v) - ev + b(u-z) - kz)(o+p) + (e(o-z) - iz + f(y-p) - bp)(u+v) +$$

$$(i(u-p) - ap + k(o-v) - fv)(y+z) = \text{Null}$$

XII. Eine andere Nebengestaltung derselben Sätze No. VIII., wie sie z. B. die Vergleichung der 3^{ten} und 9^{ten}, 2^{ten} und 8^{ten} Proportion giebt, ist:

$$oy(i+k) = pz(i+k) + iy(o+p)$$

$$oy(a+b) = pz(a+b) + bo(y+z)$$

$$ou(c+f) = pv(c+f) + fu(o+p)$$

$$ou(a+b) = pv(a+b) + ao(u+v)$$

$$uy(c+f) = vz(c+f) + eu(y+z)$$

$$uy(i+k) = vz(i+k) + ky(u+v)$$

und diese zusammen summirt geben:

$$o(u+y)(a+b) + u(o+y)(c+f) + y(o+u)(i+k) =$$

$$p(v+z)(a+b) + v(p+z)(c+f) + z(p+v)(i+k) +$$

$$(fu+iy)(o+p) + (ao+ky)(u+v) + (bo+eu)(y+z)$$

oder:

$$(o(u+y) - p(v+z))(a+b) + (u(o+y) - v(p+z))(e+f) + \\ (y(o+u) - z(p+v))(i+k) = (fu+iy)(o+p) + (ao+ky)(u+v) + (bo+eu)(y+z)$$

XIII. Wenn man ferner die sechs Gleichungen von No. VIII. summirt, so erhält man, je nachdem die Glieder im zweiten Theil der Gleichung verschieden combinirt werden, als:

$$\begin{aligned} aoy &= (a+b) pz + boz = (o+p) bz + apz \\ koy &= (i+k) pz + iy p = (y+z) ip + k pz \\ iuy &= (i+k) vz + ky v = (y+z) kv + ivz \\ fuy &= (e+f) vz + eu z = (u+v) ez + f v z \\ eou &= (e+f) pv + f u p = (u+v) fp + e p v \\ bou &= (a+b) pv + a o v = (o+p) av + b p v \end{aligned}$$

zum Resultat:

$$\begin{aligned} (a+k)oy + (b+e)ou + (i+f)uy = \\ (a+b+i+k)pz + (a+b+e+f)pv + (e+f+i+k)vz + o(av+bz) + u(ez+fp) + y(ip+kv) \\ = p((a+b)(v+z) + iy+fu) + v((e+f)(p+z) + ao+ky) + z((i+k)(p+v) + bo+eu) \\ = p(a+b)(v+z) + o(av+bz) + v(e+f)(p+z) + u(ez+fp) + z(i+k)(p+v) + y(ip+kv) \end{aligned}$$

Oder bei der zweiten Art zu combiniren

$$\begin{aligned} (a+k)oy + (b+e)ou + (i+f)uy = \\ (o+p)(av+bz) + p(az+bv) + (u+v)(fp+ez) + v(ep+fz) + (y+z)(ip+kv) + z(kp+iv) = \\ (o+p)(av+bz) + (u+v)(fp+ez) + (y+z)(ip+kv) + (a+k)pz + (b+e)pv + (i+f)vz. \end{aligned}$$

Also:

$$\begin{aligned} (a+k)(oy-pz) + (b+e)(ou-pv) + (i+f)(uy-vz) = \\ (o+p)(av+bz) + (u+v)(fp+ez) + (y+z)(ip+kv) \end{aligned}$$

In andrer Form das vorige ausgedrückt:

$$\begin{aligned} o(eu+ky) + u(bo+iy) + y(ao+fu) = p(fu+v(e+f)) + v(ao+p(a+b)) + \\ z(bo+p(a+b) + p(iy+z(i+k)) + v(ky+z(i+k)) + z(eu+v(e+f))) = \\ p(ev+f(u+v)+kz+i(y+z)) + v(bp+a(o+p)+iz+k(y+z)) + z(ap+b(o+p)+fv+e(u+v)) \end{aligned}$$

Durch Addition der Gröfsen aoz , bov , enp , fuz , iyv , kpy zu den sechs Gleichungen in No. VIII. in der Folge, wie dort, oder aus unserer 9^{ten}, 8^{ten}, 16^{ten} und 17^{ten} Proportion und deren Aequivalenten unmittelbar, auch z.B. aus der Vergleichung der 16^{ten} mit der 18^{ten}, der 17^{ten} mit der 19^{ten}, erhält man:

$$\text{XIV.} \left\{ \begin{array}{l}
 ao(y+z) = z(a+b)(o+p); \text{ daher } \frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = a+b : a, \text{ oder } \frac{o}{o+p} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{a+b}{a} \\
 bo(u+v) = v(a+b)(o+p); \quad \frac{o}{o+p} : \frac{v}{u+v} = a+b : b, \quad \frac{o}{o+p} = \frac{v}{u+v} \cdot \frac{a+b}{b} \\
 eu(o+p) = p(e+f)(u+v); \quad \frac{u}{u+v} : \frac{p}{o+p} = e+f : e, \quad \frac{u}{u+v} = \frac{p}{o+p} \cdot \frac{e+f}{e} \\
 fu(y+z) = z(e+f)(u+v); \quad \frac{u}{u+v} : \frac{z}{y+z} = e+f : f, \quad \frac{u}{u+v} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{e+f}{f} \\
 iy(u+v) = v(i+k)(y+z); \quad \frac{y}{y+z} : \frac{v}{u+v} = i+k : i, \quad \frac{y}{y+z} = \frac{v}{u+v} \cdot \frac{i+k}{i} \\
 ky(o+p) = p(i+k)(y+z); \quad \frac{y}{y+z} : \frac{p}{o+p} = i+k : k, \quad \frac{y}{y+z} = \frac{p}{o+p} \cdot \frac{i+k}{k}
 \end{array} \right.$$

Hieraus ergibt sich gleichfalls die Richtigkeit der Gleichungen in No. IV; denn $bo(u+v)eu(o+p) = v(a+b)(o+p)p(e+f)(u+v)$ giebt:

$$beou = pv(a+b)(e+f) \text{ wie dort u. s. f.}$$

In Worten: *Das Produkt eines Stückes der Seite, des Eckstückes der gegen dasselbe gekehrten inneren, und der ganzen von ihm nicht berührten inneren Linie ist gleich dem Produkt des Seitenstücks der letzteren, der ganzen genannten Seite, und der ganzen gegen dieselbe gekehrten inneren Linie; und es verhält sich der Quotient des Eckstückes der einen inneren Linie durch sein Ganzes zum Quotienten des Seitenstücks der anderen durch dessen Ganzes, wie die Seite des Dreiecks, gegen welche die erstere Linie sich kehrt, zu dem Stück derselben, welches die zweite nicht berührt. Und: Der Quotient des Eckstückes einer inneren Linie durch seine ganze verhält sich zum Quotienten des Seitenstücks einer anderen durch dessen ganze, wie die Seite des Dreiecks, gegen welche die erstere innere Linie sich kehrt, zu dem Stück derselben, welches von der zweiten nicht berührt wird.*

Diese sechs Gleichungen zusammen addirt geben :

$$\text{XV. } (eu + ky)(o+p) + (bo + iy)(u+v) + (ao + fu)(y+z) = \\
 (v+z)(a+b)(o+p) + (p+z)(e+f)(u+v) + (p+v)(i+k)(y+z)$$

oder:

$$o(eu + ky) + u(bo + iy) + y(ao + fu) = \dots \text{ wie vorhin (XIII)}$$

oder auch :

$$\begin{aligned}
 &(eu + ky - (v+z)(a+b))(o+p) + \\
 &(bo + iy - (p+z)(e+f))(u+v) + \\
 &(ao + fu - (p+v)(i+k))(y+z) = \text{Null.}
 \end{aligned}$$

Jenes erste läßt sich so aussprechen :

die Summe der inneren Linien, eine jede multiplicirt mit der Summe der Produkte der sie nicht berührenden Stücke der Seiten in die Eckstücke der gegen sie gekehrten beiden anderen inneren Linien ist gleich wiederum der Summe der inneren Linien, jede multiplicirt mit dem Produkt der Seite des Dreiecks, gegen welche sie sich richtet, und der Summe der Seitenstücke der beiden anderen inneren Linien.

Offenbar geht auch aus den obigen Gleichungen (XIV), aber auch aus unsern früheren Proportionen, nemlich aus der 10^{ten}, 18^{ten} und 19^{ten} der a. a. O. aufgestellten unmittelbar hervor :

$$\text{XVI.} \left\{ \begin{array}{l} av(y+z) = bz(u+v); \text{ daher } a:b = \frac{z}{y+z} : \frac{v}{u+v}, \text{ u. z. B. } \frac{z}{y+z} = \frac{v}{u+v} \cdot \frac{a}{b}, \text{ oder } \frac{v}{u+v} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{b}{a} \\ ez(o+p) = fp(y+z); \quad e:f = \frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z}, \quad \frac{p}{o+p} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{e}{f} \\ ip(u+v) = kv(o+p); \quad i:k = \frac{v}{u+v} : \frac{p}{o+p}, \quad \frac{v}{u+v} = \frac{p}{o+p} \cdot \frac{i}{k} \end{array} \right.$$

d. i. das Produkt eines Stückes der äußeren Seite, des Seitenstückes der dasselbe in der Ecke berührenden und der ganzen es nicht berührenden inneren Linie ist gleich dem Produkt seines Supplementstückes mit dem Seitenstück der letzteren und der ganzen ersteren inneren Linie; und es verhalten sich die Stücke einer Seite des Dreiecks, wie die Quotienten der Seitenstücke der sie nicht berührenden inneren Linien durch ihre Ganzen.

Aber bekanntlich (s. unsere 1^{te} Proportion) ist :

$$aei = bfk, \text{ oder } a:b = fk:ei = \frac{f}{e} : \frac{i}{k} \text{ u. s. f.}$$

Es ist daher auch :

$$\begin{aligned} \frac{z}{y+z} : \frac{v}{u+v} &= a:b = fk:ei = \frac{f}{e} : \frac{i}{k} = \frac{k}{i} : \frac{e}{f} \\ \frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} &= e:f = bk:ai = \frac{b}{a} : \frac{i}{k} = \frac{k}{i} : \frac{a}{b} \\ \frac{v}{u+v} : \frac{p}{o+p} &= i:k = bf:ae = \frac{b}{a} : \frac{e}{f} = \frac{f}{e} : \frac{a}{b} \end{aligned}$$

Und es läßt sich mithin in jeder Proportion, wo das Verhältniß $a:b$, $e:f$, $i:k$ für sich oder als Faktor vorkommt, das gleiche $fk:ei$, $bk:ai$ u. s. f. substituiren und umgekehrt; oder es kann in jeder Gleichung

für $\frac{a}{b}$ gesetzt werden $\frac{f}{e} \cdot \frac{k}{i}$ u. s. f. (1) Eben so läßt sich in jeder Proportion oder Gleichung, wo $a : a + b$ oder $b : a + b$ u. s. f. in gleicher Art vorkommt, jederzeit substituiren das gleichgeltende $fk : fk + ei$, oder $ei : fk + ei$ u. s. f. welche letztere Gröfse, wie man sieht, unser Kreuzprodukt in der Ecke war.

Zunächst hätte man auf diesem Wege oder aus der Vergleichung unserer 1^{ten} und 10^{ten}, oder 18^{ten} und 19^{ten} Proportion u. s. w. hervorgehend die Gleichungen:

$$\text{XVII. } \begin{cases} aev(o+p) = bfp(u+v) \\ aip(y+z) = bkz(o+p) \\ eiz(u+v) = fkv(y+z) \end{cases}$$

oder auch, wie zugleich aus der Vergleichung unserer 1^{ten} und 8^{ten} Proportion hervorgeht:

$$\text{XVIII. } eio = eip + fkv(o+p)$$

Oder:

$$\text{XIX. } eiu(a+b) = bk(fu + fv + ev),$$

wie die Vergleichung der 12^{ten} und 16^{ten} Proportion giebt, und welches sich auflöst in $fu(a+b) = a(fu + fv + ev)$, d. i. $bfu = av(e+f)$

so wie

$$fky(a+b) = ae(iy + iz + kz),$$

welches die Vergleichung der 14^{ten} und 17^{ten} Proportion giebt, sich durch

$$iy(a+b) = b(iy + iz + kz) \text{ auflöst in } aiy = bz(i+k)$$

Oder:

$$\text{XX. } bfk(y+z) = ez(ai + bi + bk),$$

wie die Vergleichung der 12^{ten} und 18^{ten} Proportion giebt, und welches sich verwandelt in $aei(y+z) = ez(\dots)$, d. i. in $ai(y+z) = z(ai + bi + bk)$, also in $aiy = zb(i+k)$.

Die 11^{te} und 19^{te} Proportion verglichen, geben eben so:

$$aei(u+v) = kv(ae + af + bf) = ackv + fkv(a+b);$$

also:

$$bi(u+v) = bkv + iv(a+b),$$

wie die Vergleichung der 12^{ten} und 19^{ten} Proportion auch unmittelbar giebt, und welches zurückkommt auf $biu = v(bk + ai)$.

(1) So verwandelt sich auch z. B. eine Gleichung wie oben in No. VII. $fbu = av(e+f)$ in die andere $eiu = kv(e+f)$; nemlich, wenn für f , ei , und für a , bk gesetzt wird, so hat man $eib = bkv(e+f)$, d. i. $eiu = kv(e+f)$.

Da ferner aus XIV. für alle die Größen $\frac{o}{o+p}$, $\frac{u}{u+v}$ u. s. f. je zwei verschiedene Gleichungen sich ergeben, so folgt z. B. aus

$$\frac{o}{o+p} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{a+b}{a}, \quad \text{und} \quad \frac{u}{u+v} = \frac{z}{y+z} \cdot \frac{e+f}{f}$$

$$\text{XXI.} \quad \begin{cases} \frac{o}{o+p} : \frac{u}{u+v} = \frac{a+b}{a} : \frac{e+f}{f} = f(a+b) : a(e+f) \\ \frac{o}{o+p} : \frac{y}{y+z} = \frac{a+b}{b} : \frac{i+k}{i} \\ \frac{u}{u+v} : \frac{y}{y+z} = \frac{e+f}{e} : \frac{i+k}{k} \end{cases}$$

oder: die Quotienten der Eckstücke durch ihre Ganzen verhalten sich, wie die Quotienten der gegen sie gekehrten Seiten durch die die andere Seite nicht berührenden Stücke derselben, oder wie die Produkte der gegen sie gekehrten Seite durch das dieselbe nicht berührende Stück der anderen.

Es ergeben sich hieraus weiter die Gleichungen

$$\text{XXII.} \quad \begin{cases} ao(e+f)(u+v) = fu(a+b)(o+p), & \text{oder } ao(eu+ev+fv) = fu(ap+bp+bo) \\ bo(i+k)(y+z) = iy(a+b)(o+p), & bo(ky+kz+iz) = iy(bp+ap+ao) \\ eu(i+k)(y+z) = ky(e+f)(u+v), & eu(iy+iz+kz) = ky(ev+fv+fu). \end{cases}$$

Das Produkt 1) einer Seite, 2) der gegen sie sich richtenden inneren Linie, 3) des Eckstückes einer (der beiden) anderen, und 4) des von der ersten inneren Linie berührten Stückes der der zweiten zugekehrten Seite des Dreiecks ist gleich dem Produkt, in welchem die Ganzen und die Stücke sich umkehren, d. i. 1) aus der letzteren ganzen Seite, 2) der gegen dieselbe gerichteten inneren Linie, 3) dem Eckstück der vorigen inneren Linie, und 4) dem die genannte Seite nicht berührenden Stücke von derjenigen Seite des Dreiecks, gegen welche die letztere innere Linie gekehrt ist, u. s. w.

In der gleichartigen und umgekehrten Construction beider Hälften der Gleichung geben diese hier in der ersten Form ein Gegenstück ab zu denen in No. XVI. ; in der zweiten Form enthalten sie die in No. VIII. vorkommenden combinirten Größen, so wie sie auch aus den Gleichungen No. VIII. unmittelbar abgeleitet werden konnten.

Schon aus den Gleichungen No. II. und No. VII., so wie zum Theil aus unsern daselbst angeführten früheren Proportionen unmittelbar ging hervor:

$$\begin{array}{l}
 \text{XXIII.} \left\{ \begin{array}{l}
 o:p = \frac{kf+ei}{ke} : 1 = \frac{f}{e} + \frac{i}{k} : 1 \\
 o:p = \frac{f}{e} : \frac{a}{a+b} = \frac{i}{k} : \frac{b}{a+b} \\
 u:v = \frac{bk+ai}{bi} : 1 = \frac{k}{i} + \frac{a}{b} : 1 \\
 u:v = \frac{k}{i} : \frac{e}{e+f} = \frac{a}{b} : \frac{f}{e+f} \\
 y:z = \frac{ae+bf}{af} : 1 = \frac{e}{f} + \frac{b}{a} : 1 \\
 y:z = \frac{e}{f} : \frac{k}{i+k} = \frac{b}{a} : \frac{i}{i+k} \\
 a:a+b = \frac{f}{e} : \frac{o}{p} = \frac{z}{y+z} : \frac{o}{o+p}, \text{ s. No. XIV.} \\
 b:a+b = \frac{i}{k} : \frac{o}{p} = \frac{v}{u+v} : \frac{o}{o+p} \\
 e:e+f = \frac{k}{i} : \frac{u}{v} = \dots \\
 f:e+f = \frac{a}{b} : \frac{u}{v} = \dots \\
 i:i+k = \frac{b}{a} : \frac{y}{z} = \dots \\
 k:i+k = \frac{e}{f} : \frac{y}{z} = \dots
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Statt $\frac{e}{f}$ kann wieder gesetzt werden $\frac{b}{a} \cdot \frac{k}{i}$ oder statt $\frac{f}{e}$, $\frac{a}{b} \cdot \frac{i}{k}$, u. s. f. wie bekannt.

Unsere zwanzig Proportionen überhaupt geben unmittelbar je zehn Gleichungen für $\frac{a}{b}$, $\frac{a}{a+b}$, $\frac{b}{a+b}$, $\frac{o}{p}$, $\frac{o}{o+p}$, $\frac{p}{o+p}$, an welche hier zurück zu erinnern gut seyn wird, wenn es gleich unnöthig scheint, sie, etwa der Vollständigkeit halber, hier wieder aufzuführen. Ganz die analogen je zehn Gleichungen gelten, mit gehöriger Vertauschung der bezeichneten Stücke, für die Verhältnisse $\frac{e}{f}$, $\frac{e}{e+f}$, $\frac{f}{e+f}$, $\frac{u}{v}$, $\frac{u}{u+v}$, $\frac{v}{u+v}$, und für $\frac{i}{k}$, $\frac{i}{i+k}$, $\frac{k}{i+k}$, $\frac{y}{z}$, $\frac{y}{y+z}$, $\frac{z}{y+z}$, so daß allein hieraus hundertundachtzig solche Werthe sich finden; je zehn unter sich geben wieder fünfundvierzig Combinationen, die der einen aber mit denen der anderen zu zwei und mehreren verbunden, führen zu einer, im Detail nicht mehr auf erschöpfende Weise füglich darstellbaren Mannichfaltigkeit.

Um nur auf einige Formen der auf dem mittelbareren Wege zu erhaltenden Gleichungen aufmerksam zu machen, mögen noch folgende als Beispiele dienen:

$$\text{XXIV.} \quad \frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{uf+v(e+f)}{v(e+f)} : \frac{a}{b};$$

folgt aus unsrer 2^{ten} Proportion, wonach $\frac{uf+v(e+f)}{v(e+f)} = \frac{a+b}{b}$, verglichen mit No. XIV. oder XXIII.

$$\text{XXV.} \quad \frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{b}{a} : \frac{v(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)};$$

folgt eben so aus unsrer 10^{ten} Proportion, wonach $\frac{v(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)} = \frac{b}{a+b}$, verglichen mit No. XIV.

$$\text{XXVI.} \quad \frac{z(u+v)+v(y+z)}{y+z} = \frac{uf+v(e+f)}{e+f},$$

wie sich schon aus der Vergleichung der 16^{ten} und 20^{ten} Proportion ergibt.

$$\text{XXVII.} \quad \frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{e}{e+f} : \frac{a}{b} \cdot \frac{u}{v},$$

folgt aus No. XVI. verglichen mit No. VII.

$$\text{XXVIII.} \quad \frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{uy-vz}{v(y+z)} : \frac{a}{b}$$

Nach unserer 20^{ten} und 10^{ten} Proportion ist $\frac{uy-vz}{v(y+z)} = \frac{p}{o} \cdot \frac{a+b}{b}$; also gestaltet sich diese Gleichung um in die $\frac{o}{o+p} : \frac{z}{y+z} = a+b : a$ von No. XIV.

$$\text{XXIX.} \quad \frac{p}{o+p} : \frac{z}{y+z} = \frac{eip-bkv}{i(fp-av)} : 1$$

Diese Gleichung läßt sich aus denen No. XVI. für sich ableiten.

Aus No. XVI. erhält man auch:

$$\begin{aligned} \text{XXX.} \quad (i+f) \frac{p}{o+p} &= (b+c) \frac{z}{y+z} + (k-a) \frac{v}{u+v} = \\ &(a+k) \frac{v}{u+v} + (e-b) \frac{z}{y+z} \text{ u. s. w.} \end{aligned}$$

$$\text{XXXI. } \frac{o}{p} : \frac{i}{k} = \frac{uf+v(e+f)}{v(e+f)} : 1 = \frac{a+b}{b} : 1, \text{ s. No. XXIII.}$$

$$\text{XXXII. } \frac{o}{p} : \frac{i}{k} = \frac{z(u+v)+v(y+z)}{v(y+z)} : 1 = \frac{a+b}{b} : 1, \text{ s. ebendaselbst.}$$

$$\text{XXXIII. } \frac{p}{o} : \frac{e}{e+f} = \frac{u(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)} : 1; \text{ oder}$$

$$eou(y+z) = p(e+f)(z(u+v)+v(y+z)).$$

Aus unserer 10^{ten} Proportion ist klar, daß $\frac{u(y+z)}{z(u+v)+v(y+z)} = \frac{u}{v} \cdot \frac{b}{a+b}$; daher löst sich diese Proportion auf in die Gleichung von No. IV:

$$beou = pv(a+b)(e+f).$$

$$\text{XXXIV. } \frac{v}{u} \cdot \frac{z}{y} + \frac{y+z}{y} \cdot \frac{e}{e+f} = 1; \quad eu(y+z) = (uy-vz)(e+f),$$

oder, wie schon die Vergleichung der 16^{ten} und 20^{ten} Proportion giebt,

$$\frac{eu}{e+f} = \frac{uy-vz}{y+z}.$$

$$\text{XXXV. } \frac{v}{u} \cdot \frac{z}{y} + \frac{y+z}{y} \cdot \frac{p}{o} \cdot \frac{uf+v(e+f)}{u(e+f)} = 1;$$

$$p(y+z)(uf+v(e+f)) = (uy-vz) o(e+f).$$

Wenn man beide Hälften dieser Gleichung mit $(u+v)$, $(y+z)$ und $(e+f)$ dividirt, so sieht man, da aus unserer 16^{ten} und 20^{ten} Proportion klar ist, daß $\frac{uf+v(e+f)}{(u+v)(e+f)} = \frac{o}{o+p}$, und $\frac{uy-vz}{(u+v)(y+z)} = \frac{p}{o+p}$,

daß sie in der identischen Gleichung aufgeht $p \cdot \frac{o}{o+p} = o \cdot \frac{p}{o+p}$

$$\text{XXXVI. } \frac{e+f}{e} = 1 + \frac{a}{(a+b)} \cdot \frac{o}{p}; \quad \frac{a+b}{b} = 1 + \frac{f}{(e+f)} \cdot \frac{u}{v} \text{ u. s. f.}$$

wie aus den Gleichungen No. IV. und VIII. zusammengestellt sich ergibt.

$$\text{XXXVII. } bouy = bovz + bpvz + bpv y + apv y + apv z = \begin{cases} v(p(a+b)(y+z) + boz) \\ v(bz(o+p) + ap(y+z) + bpy) \end{cases}$$

eben so $fouy = z(v(e+f)(o+p) + fpu)$;

geht aus der Vergleichung unserer 2^{ten} und 9^{ten} Proportion hervor, und führt, verglichen mit No. I., auf die Gleichung No. XVI. zurück.

Unsere Formeln gründeten sich zunächst auf die Voraussetzung, daß der gemeinschaftliche Schneidungspunkt der drei aus den Ecken des Dreiecks nach den gegenüberliegenden Seiten gezogenen Linien innerhalb des Dreiecks lag. Es ist einleuchtend, daß sie sammt und sonders auch für den Fall gelten, wo ein solcher gemeinschaftlicher Schneidungspunkt außerhalb des Dreiecks läge, und Linien aus den Ecken nach ihm gezogen die gegenüberliegenden Seiten in ihren Verlängerungen schnitten; versteht sich, daß dann jederzeit gewisse Gröfsen negativ werden, welche in unseren Formeln positiv sind. Es wäre aber unnöthig, diese Fälle hier besonders in Betracht zu ziehen; die entsprechende Gestaltung unserer Formeln für sie ergibt sich von selbst; nur, sie in den unsrigen als mit enthalten zu erkennen, möchte erforderlich seyn, um unsere Formeln in ihrer grössten Allgemeinheit aufzufassen.



Bericht
über die
Naturhistorischen Reisen
der Herren
EHRENBERG und HEMPRICH.

Dargestellt
von
Alexander von Humboldt.

Die Akademie der Wissenschaften hat uns aufgetragen, Herrn Link, Lichtenstein, Rudolphi, Weifs, und mir, einen Bericht über die Reisen zu erstatten, welche auf Kosten des Staats, von Herren Ehrenberg und Hemprich durch die lybische Wüste, Ägypten, Sennaar, Dongala, den Libanon, Cölesyrien, das westliche Arabien und den östlichen Abfall des Habessinischen Hochlandes in den Jahren 1820 bis 1825 unternommen worden sind, und alle Theile der Naturkunde, wie die der physikalischen Erdbeschreibung auf die denkwürdigste Weise bereichert haben.

Wenn es bei dem belebenden Einflusse, den jede Vermehrung wissenschaftlicher Sammlungen auf die Erweiterung menschlichen Wissens ausübt, schon an sich ein nicht zu verkennendes Verdienst ist, in der langen Dauer gefahrvoller Reisen, eine große Zahl neuer Naturkörper zu entdecken, aufzubewahren, und wohlerhalten nach Europa zurückzubringen, so wird dieses Verdienst auf das vielfachste erhöht, wenn die vom Staate ausgesandten Männer mit trefflichen Vorkenntnissen ausgerüstet, und von dem Gefühl eines höheren wissenschaftlichen Berufs durchdrungen, nicht bloß als rastlose Sammler, sondern zugleich auch als beobachtende Naturforscher auftreten.

Alles was sich bezieht auf die geographische Vertheilung der Thier- und Pflanzen-Formen, auf den Einfluss, welchen Beschaffenheit des Bodens, Höhe des Standorts, und mannigfaltige klimatische Verhältnisse auf das organische Leben ausüben, kann nur durch unmittelbare Anschauung von den

Reisenden selbst ergründet werden. Die Sitten der Thiere sind nicht minder wichtig, als die Kenntnifs ihres Baues, welcher jene Sitten bestimmt. Eine grofse Zahl der feinsten, anatomischen und physiologischen Beobachtungen kann nur an Ort und Stelle gesammelt werden. Die geognostische Kenntnifs des Erdkörpers wird nicht durch Einsenden von Mineralien gefördert, die ohne ein leitendes Princip, ohne Hinsicht auf ihre Gruppierungen in Gebirgsarten, auf ihr relatives Vorwalten, auf ihren Übergang in einander und ihre Altersfolge, an isolirten Felsklippen gebrochen worden sind. Der beobachtende Geognost allein kann den Fortschritten der Geognosie nützlich werden und eine Wissenschaft, deren wesentlicher Charakter Darstellung des Zusammenhangs in den Erscheinungen, Ergründung der Verhältnisse heterogener Gebirgsmassen ist, wird aus den thätigen Bemühungen unwissenschaftlicher Sammler nie den Zuwachs erhalten, welchen dieselben Bemühungen dem beschreibenden Theile der Thier- und Pflanzenkunde gewähren.

Ehrenberg und Hemprich, auf welche die Wahl der Akademie durch mehrere ausgezeichnete Arbeiten geleitet worden war, haben allen den Anforderungen, welche man, im gegenwärtigen Zustande der Wissenschaften an gelehrte Reisende machen kann, auf das glücklichste entsprochen. Die einfache Aufzählung dessen, was beide geleistet, ist der unwiderleglichste Beweis davon. Sie haben gesammelt, als wäre Sammeln allein ihr Zweck gewesen; für Präparation, Aufbewahrung, spezifische Benennung der Gegenstände gearbeitet, wie vielleicht, unter ähnlichen Umständen, nie von Reisenden geschehen ist. Die an das Königliche Museum übersandten Gegenstände füllten 114 Kisten (zu 20 bis 30 Kubikfufs) aus. Die Gesamtzahl der aufbewahrten Individuen von Pflanzen übersteigt 46,000, worunter 2900 Arten. Die Gesamtzahl der Thiere begreift 34,000 Individuen, worunter 135 verschiedene Species von Säugethieren, 430 Arten von Vögeln, 546 Fischarten und Amphibien, 600 Species von Anneliden und Crustaceen und 2000 Insecten-Arten. Die Königliche Mineralien-Sammlung ist mit 300 Stücken von Gebirgsarten bereichert worden, die nach ihrer Auf- und Anlagerung geordnet, über den innern Bau des Erdkörpers in fernen, geognostisch-unentdeckten Ländern ein hohes Licht verbreiten. Aber alle diese Sammlungen von Mineralien, von phanerogamischen und cryptogamischen Gewächsen (unter denen die erstern allein wahrscheinlich 5 bis 600 unbekante Arten enthalten), von thierischen Bildungen aller Klassen, besonders der unteren,

gewöhnlich von reisenden Zoologen ganz vernachlässigten, sind (so wichtig auch an sich ihr materieller Besitz für die Königlichen Sammlungen und ihre freie Benutzung für die Erweiterung naturhistorischer Kenntnisse wird) doch nur als ein secundärer Gewinn zu betrachten, als ein Gewinn, welcher demjenigen nachsteht, der aus einer öffentlichen Bekanntmachung der von Herren Ehrenberg und Hemprich angestellten Beobachtungen entspringen wird.

Erforschung der Natur in der Mannigfaltigkeit ihrer Erzeugnisse und dem Zusammenwirken ihrer Kräfte ist der wesentliche Zweck einer Expedition, wie die über deren Früchte wir der Akademie Bericht abstaten. Geographische Entdeckungsreisen eines Mungo-Park, Burkard, Caillaud und Clapperton haben einen anderen Charakter und sollen andere Ansprüche erfüllen. Durch sorgfältige Scheidung der heterogenen Zwecke, welche beide Arten von Reisen zu erfüllen haben, werden die Bericht-Erstatte in den Gesichtspunkt gestellt, aus dem sie hoffen dürfen, ein gerechtes Urtheil über das Geleistete zu fällen. Eindringen in das Innere eines noch uneröffneten Continents, Erforschung neuer Flußverbindungen oder trennender Wasserscheiden, Auffinden Volk- und Gewerbe-reicher Städte, als unerwarteter Zeugen der geheimen Fortschritte menschlicher Bildung, verheissen mit Recht dem Entdecker einen Ruhm, welcher kaum einem anderen nachsteht, der dem Muthe gebührt. Geographische Expeditionen, freilich nicht solche, welche langsam und fast unbemerkt durch astronomische Ortsbestimmungen die Länderkunde erweitern und das schon bekannte berichtigen, sondern die, welche alte, die Erwartung spannende Probleme plötzlich lösen, erregen fast allein ein großes, sich schnell verbreitendes Interesse; ja die Volkssprache schränkt das Wort „Entdeckungen“ auf die Resultate rein geographischer Unternehmungen ein.

Diese einseitige Ansicht des Ergründeten geziemt denen nicht, welchen es obliegt, in der lebendigen Anerkennung des gegenseitigen Einwirkens menschlicher Kenntnisse, Natur- und Länderkunde in allen ihren Theilen unter einen Gesichtspunkt zu fassen. Tieferes Eindringen in das innere Leben der Pflanzen und Thiere, Auffinden organischer Formen, welche entfernte, sonst isolirt scheinende Gruppen als Mittelglieder verbinden, erweiterte Einsicht in den Zusammenhang meteorologischer Erscheinungen oder in das Spiel der ewig regsamen, magnetisch-electrischen Naturkräfte ehren ge-

wifs nicht minder den menschlichen Geist in seinen mühevollen Bestrebungen, als geographische Entdeckungen, als die Bestimmung räumlicher Verhältnisse, mit denen sich die beschreibende Erdkunde beschäftigt. So wenig man in gerechter Würdigung des Erforschten den kühn und schnell voreilenden Mungo-Park tadeln kann, wenn seine erste Reise nicht botanische oder zoologische Resultate gewährte, so wenig ist von einer eigentlichen naturhistorischen Expedition zu fordern, daß sie durch geographische Entdeckungen glänze. Jede Klasse von Reisen hat einen eigenthümlichen Charakter und Lob gebührt den Reisenden, wenn sie das Ziel erreichen, das ihnen vorgesetzt war.

Wir haben geglaubt, diese allgemeinen Betrachtungen dem Berichte über Ehrenberg's und Hemprich's Reisen voran schicken zu müssen, um auf das hinzudeuten, was ein so wichtiges, von der Königlichen Akademie der Wissenschaften veranlaßtes Unternehmen von anderen afrikanischen Reisen unterscheidet. Die Mannigfaltigkeit der Gegenstände, welche von den obengenannten Naturforschern behandelt worden sind, machte es nöthig, in besonderen Abschnitten von dem Gewinn zu reden, den Botanik, Zoologie, vergleichende Anatomie und Geognosie aus ihren Bemühungen gezogen haben. Welcher ausdauernde Fleiß und welche Kraftäußerungen nöthig waren, um solche Resultate zu liefern, ergibt sich aus der historischen Schilderung der Reise selbst und aus Betrachtung der vielfältigen Hindernisse, mit denen die Reisenden fast ununterbrochen und leider! oft unterliegend gekämpft haben.

Historische Uebersicht der Reise.

Als im Jahre 1820 der Herr General Menu von Minutoli sich entschlossen hatte, eine Reise in den Orient, deren Hauptzweck antiquarische Untersuchungen waren, zu unternehmen, trug er bei der Akademie darauf an, daß ihm einige junge wissenschaftliche Männer auf Kosten des Staats beigelegt würden. Das Königliche Ministerium erlaubte dem Professor der Architectur Herrn Liman sich der Unternehmung anzuschließen, und die Akademie der Wissenschaften bewilligte den Doctoren der Medicin Herren Ehrenberg und Hemprich, zwei Naturforschern, die sich schon durch eigene Arbeiten ausgezeichnet hatten, die Geldmittel, welche zur Erreichung

des beabsichtigten Zweckes für die ersten Jahre hinlänglich schienen. In Rom vermehrte sich durch die Liberalität Sr. K. H. des Prinzen Heinrich von Preussen die Gesellschaft der Reisenden durch den Orientalisten und Doctor der Philosophie, Herrn Scholtz. Der Plan des Generals Freiherrn von Minutoli war, Ägypten mit seinen Oasen, die Cyrenaika, Dongola, die Halbinsel des Sinai, Palästina, Syrien und einen Theil von Kleinasien zu bereisen, und über Griechenland nach Deutschland zurückzukehren. Die Naturforscher erhielten von der Akademie der Wissenschaften eine kurze schriftliche Instruction, wie auch einzelne Fragen über Gegenstände, die in jenen fernen Ländern vorzüglich zu berücksichtigen wären. In dem Anfange des Monats August traf die ganze Gesellschaft, mit Ausnahme des Professors Liman in Triest zusammen, und wurde auf zwei Schiffe vertheilt, die im September in den Hafen von Alexandrien einliefen. Erkundigungen über die Möglichkeit einer Reise nach der Cyrenaika wurden von denen, die der Gegend kundig waren, so beantwortet, daß das Unternehmen ohne störende Gefahr möglich schien. Herr Drovetti, der als französischer Consul viele Jahre in Ägypten gelebt, und der selbst die Oase von Siwa besucht hatte, leitete mit zuvorkommender Gefälligkeit die Ausrüstung der Caravane, welche aus sechs und fünfzig Kameelen und fünf und zwanzig bewaffneten Beduinen bestand, worunter ein Araberfürst und seine Verwandten. Ein großherrlicher Firman und spezielle Empfehlungsbriefe des Pascha von Ägypten an Halil Bey von Derna, welche der General von Minutoli sich verschafft hatte, ließen die Entfernung aller politischen Hindernisse erwarten. Der Professor Liman war nach Abreise der Caravane in Alexandrien angekommen, und erreichte sie erst bei Abusir. Übergroße Eile hatten ihn die Sorge für zweckmäßige Kleidung versäumen lassen, und ohnerachtet seine Reisebegleiter alles aufboten, um diesem Mangel abzuhelpen, so hat derselbe doch wahrscheinlich viel zu der traurigen Zerrüttung seiner Gesundheit beigetragen. Die Bösartigkeit der freien Beduinen erregte täglich ernsthaften Zwist in der Caravane. Sie gehörten zu verschiedenen Stämmen, und als man schon weit in der lybischen Wüste vorgedrungen war, erklärte der Beduinenfürst Hadji Endawi selbst, daß er über diese verschiedenen Stämme keine Gewalt ausüben könne. Seine Ungeduld war eben so groß, als die der Reisenden. Unter diesen ungünstigen Umständen, welche Nachtwachen auszustellen nöthig machten, gelangte die Caravane bis an einen Punkt, der nur

eine Tagereise von der Grenze des Tripolitanischen Gebiets entfernt ist. Der Beduinenfürst erklärte, daß er ohne die ausdrückliche Erlaubniß von Halil Bey in Derna die Grenzen nicht überschreiten könne. Boten wurden deshalb mit den Empfehlungsschreiben vorausgesandt. Da die Uneinigkeit unter den Beduinen täglich zunahm, so wurde die Caravane dergestalt getheilt, daß der General von Minutoli mit dem Beduinenfürsten und dem Hauptdolmetscher über das Ammonium nach Kahira zurückkehrte, der andere Theil der Caravane aber, zu dem die Naturforscher und Künstler gehörten, sich entschloß, die Rückkehr der ausgesandten Boten abzuwarten. Diese Trennung der Reisenden geschah bei Bir el Kor. Siebzehn Tage harrte man vergebens in der Wüste. Die Boten erschienen nicht und Reisende, auf die man stiefs, erzählten, daß Halil Bey von Derna über die Ankunft einer Caravane, in der sich ein General befand, sehr bestürzt wäre. Bei längerer Zögerung würde der Zeitraum, für welchen die Kameele gemiethet waren, abgelaufen sein. Man beschloß daher, sich nach der Oase von Siwa zu begeben, wo man vor den eigenen Beduinen Schutz erwartete. Ein ansehnliches Geschenk wurde einem Führer, der in einem Beduinenlager zurückblieb, verheißsen, wenn er eine günstige Antwort des Bey von Derna nach Siwa bringen könnte. In allen diesen Hoffnungen sah man sich abermals getäuscht. Die Caravane zog fast ununterbrochen fünf Tage und fünf Nächte lang durch die Wüste. In Siwa erklärten die Häupter, welche in der Oase die Obergewalt ausübten, die Reisenden für Spione und droheten, auf sie schießen zu lassen, wenn sie die Grenzen eines ihnen angewiesenen Raumes übertreten würden. Auf der Rückreise nach Alexandrien erkrankten, als Folge der eingetretenen kühlen Witterung und der ermüdenden Märsche, Professor Liman und Wilhelm Söllner, der Gehülfe der Naturforscher. Beide gelangten zwar noch bis Alexandrien, erlagen aber dort im Anfange des Monat December, als Opfer ihrer mühseligen Anstrengungen. Der Orientalist Herr Scholtz trennte sich in Kahira von den Naturforschern und nahm seinen Weg nach Palästina. Ehrenberg und Hemprich verfolgten von nun an allein den ihnen vorgeschriebenen Reiseplan. Eine im Monat März unternommene Excursion nach der Povinz Fajum wurde durch ein dreimonatliches Nervenfieber des Doctor Ehrenberg, unter einem Zelte am Fuße der großen Pyramide von Sakhara unterbrochen. Nur die sorgfältigste Pflege seines Freundes konnte ihn retten. Erst am Ende des Julius 1821 war es möglich, die Reise durch Fajum fort-

zusetzen. Sie wurde für die Entomologie von gröfserer Ausbeute, als irgend eine andere. Durch Erkältung im See Moeris bei einer Wasserjagd starb der Gehülfe Franz Kreysel, ein Schlesier aus Auras, der Söllners Stelle vertreten sollte, an der Ruhr.

Die Geldsummen, welche die Akademie der Wissenschaften aus ihren eigenen Mitteln gewährt hatte, waren nun erschöpft, und die Reise hätte schon ihr Ende erreicht. wenn nicht die Wünsche der Akademie durch den Königl. Staatsminister Freiherrn von Altenstein auf das Thätigste begünstigt worden wären. Die Reisenden entschlossen sich, in der gerechten Hoffnung, neue Formen von Naturkörpern in den südlichen Ländern zu entdecken, der siegreichen Armee Mehemed Ali's zu folgen. Sie zogen nun von August 1821 bis Februar 1823 durch Nubien nach Dongola. Alle Erwartungen, welche diese von Naturforschern nie betretenen Länder erregen konnten, wurden auf das glücklichste erfüllt. Ehrenberg und Hemprich gelangten durch Nubien bis in die Wüste bei Embukol und Corti, welche Senaar, Cordofan und Dongola trennt. Verminderung der Geldmittel und der Wunsch, die schon gesammelten Naturalien in Sicherheit zu bringen, bewogen die Reisenden, sich hier zu trennen. Doctor Hemprich führte die Sammlungen nach Alexandrien, wo er, statt des gehofften Geldes, Befehl zur Rückkehr fand. Doctor Ehrenberg, der in Dongola geblieben war, verließ dies Land, welches durch eine Revolution und die Ermordung von Ismael Pascha in grofse Verwirrung gerathen war. Seine Gesundheit hatten tropische Wechselfieber geschwächt. Auf dieser Reise erkrankte der Italiäner Vincenzo im Nil und der Dollmetscher Ibrahim starb an der Pest. Ehrenberg und Hemprich waren nun gezwungen, in Ägypten ihre Kameele und Effecten zu verkaufen. Indem sie sich schon zu der befohlenen Rückreise rüsteten, kam die freudige Nachricht, dafs die Regierung ihnen neue beträchtliche Vorschüsse zur Fortsetzung ihrer Unternehmung bewilligen werde. Um die Zeit nützlich anzuwenden, welche bis zum Empfang derselben verlaufen könnte, beschlossen sie den Meerbusen von Suez, das Sinai-Gebirge und die Inseln längs der Küste von Akaba bis Moile zu besuchen. Diese Ausflucht dauerte über neun Monate, vom Mai 1823 bis März 1824. Hemprich kehrte zuerst mit den auf der Halbinsel gemachten Sammlungen nach Alexandrien zurück, fand aber nur die Hälfte der Summe welche er erwartete. Ehrenberg blieb fünf Monate lang in Tor und leider

in so großer Verlegenheit, daß er an den ersten Lebensbedürfnissen Mangel litt. Der früher entworfene Plan, nach welchem beide Reisende sich in Tor nach Habessinien einschiffen sollten, mußte nun aufgegeben werden, und erst bei Ehrenberg's Rückkehr nach Alexandrien klärte sich das Dunkel auf, das über der Ankunft der neuen, vom Staate bewilligten Gelder schwebte. Es lief die traurige Nachricht ein, daß der preussische Consul in Triest, bei welchem die Summen niedergelegt waren, fallirt und sich entleibt hätte. Nun blieb den Naturforschern nichts übrig, als neue Befehle und Vorschüsse abzuwarten. Die Pest wüthete in Ägypten, und es schien ersprieflicher, statt abgeschieden in Unthätigkeit zu leben, in der günstigsten Jahreszeit den zur See nur zwölf Tagereisen entfernten Libanon zu besuchen. Ein Aufenthalt von drei Monaten war hinlänglich, um den Schneebedeckten Rücken dieses Gebirges zweimal zu übersteigen, einmal über Sanin durch Cölesyrien nach den Ruinen von Balbeck und das zweite mal von Balbeck über Bischerra und den libanotischen Cedernwald nach der Küste von Tripolis. Im Anfang des Monats August 1824 erreichten die Reisenden wieder Damiatte und Alexandrien, doch erlitt die Gesellschaft einen neuen Verlust. Auf der Rückkehr aus Syrien starb ein Europäischer Gehülfe am Wechselfieber. Glücklicherweise waren indess in Ägypten die neuen Geldmittel und neue Befehle zur Fortsetzung der Reise angekommen. Mit wiederbelebtem Muthe beschlossen Ehrenberg und Hemprich sogleich die längst gewünschte Reise nach Habessinien anzutreten. Das rothe Meer versprach ihnen einen großen Reichthum von Corallenthiereu, Anneliden und Mollusken: die fragmentarischen Bemerkungen, welche aus Forskal's Papieren gerettet worden sind, machten neue Untersuchungen über die Ichthyologie jener warmen Gewässer wünschenswerth. Am 27. November 1824 konnte die Reise nach Habessinien angetreten werden. Sie ging zuerst zur See von Suez nach Djedda, wo eine Excursion gegen Mecca gemacht wurde, um die berühmte Balsampflanze zu bestimmen. Weiter gegen Süden in Gumdude, im wüsten Arabien, zeigte sich ein türkischer Gouverneur dankbar für die ärztliche Hülfe, die er von den Reisenden empfing. Er gab ihnen ein militärisches Geleite, mit dem sie das nahe gelegene Gebirge Derban sicher untersuchen konnten. Bei Fortsetzung der Seefahrt waren wichtige Gegenstände der Beobachtung: die vulkanische Felseninsel Ketumbul und eine andere, in der Gazellen umherstreifen, und die von den Einwohnern Farsan genannt wird. Letztere fehlt in der

Karte, die Lord Valenzia's Reise begleitet. Von Gisan aus, einem Grenzorte zwischen dem glücklichen und wüsten Arabien, zogen die Naturforscher nach Loheia, in dessen Nähe der unglückliche Forskal sich rühmt, den größten Schatz arabischer Pflanzen gesammelt zu haben. Südlicher wurden Kameran, Hauakel und Dalac besucht, und erst am 24. April 1825 wurde der Hafen Massaua erreicht. Hier erhebt sich gegen Süd-Westen das Habessinische Hochland, welches das eigentliche Ziel der Reise sein sollte. Hemprich machte eine Excursion nach dem Gedangebirge. Ehrenberg gelangte im Tarantagebirge bis an die heißen Quellen von Eilet. An dem Abhange des Hochlandes von Habessinien wurden Naturprodukte gesammelt, die schon ihrem Standorte nach, zu den seltensten gehören, welche ein Europäisches Museum besitzen kann. Leider wurden so vielversprechende Aussichten bald durch neue Unglücksfälle getrübt. Eine epidemische Krankheit herrschte in Massaua. Sie kostete dem Gehülfen der Naturforscher, (Niemeyer, aus Braunschweig gebürtig) das Leben; alle übrigen Reisenden, den Italiäner Finzi ausgenommen, der als Maler besoldet war, erkrankten und schwebten lange in großer Gefahr. Doctor Hemprich von der beschwerlichen Bergreise ermüdet, unterlag am 30. Junius, nachdem er fünf Jahre lang Beweise eines ausgezeichneten Talents, einer rastlosen Thätigkeit und des persönlichen Muthes gegeben hatte, ohne den kein Unternehmen im Orient ausgeführt werden kann. Doctor Ehrenberg durch den Verlust seines Freundes tief niedergeschlagen, dachte nun auf seine Rückkehr und nach zehnmonatlicher Abwesenheit reiste er über Djedda, Cosir und Kahira nach Alexandrien, wo er sich am Anfang des Novembers 1825 nach Triest einschiffte.

Dies ist die allgemeine Übersicht der Länderstriche, in denen die Beobachtungen gesammelt worden sind. In der nun folgenden Aufzählung dessen, was die Reisenden für Botanik und Geographie der Pflanzen, für Zoologie und vergleichende Anatomie, für Geognosie und Mineralogie, für Länder- und Völkerkunde geleistet haben, werden die Berichterstatter nie Ehrenberg's und Hemprich's Arbeiten von einander trennen, da beide Naturforscher, durch die engsten Bande der Freundschaft verbunden, vor der Reise und während derselben den Wunsch ausgesprochen haben, daß alles Beobachtete als ihnen gemeinsam angesehen werde.

Resultate für Botanik.

Für die Pflanzenkunde war aufser dem nicht Unbeträchtlichen, was Delile geleistet hatte, in neuern Zeiten nichts in Ägypten geschehen, aber Delile drang nicht weit nach Süden vor, und die Streifereien nach Nubien hatten wohl Ausbeute für die Kunst, aber nicht für die Naturkunde geliefert. Wir erhalten aus jenen Gegenden viele und sehr wirksame, häufig gebrauchte Arzneiwaaren, deren Ursprung wir entweder gar nicht, oder doch nur mit grofser Unsicherheit kennen, und deren Ächtheit und Güte wir also nicht hinlänglich zu beurtheilen vermögen. Die meisten Pflanzenkenner aufserhalb Europa achteten die Anfänge der Vegetation nicht, welche wir mit dem Namen der Pilze und Algen bezeichnen, so wichtig sie auch für die Geschichte der Natur sind. Herr Ehrenberg hatte sich schon vor der Reise als ein so scharfsichtiger Kenner dieser verborgenen Vegetation gezeigt, dafs sich in dieser Rücksicht viel von ihm erwarten liefs. Arabien war seit Forskal, welcher die Reise mit Niebuhr machte, von keinem Pflanzenkenner betreten worden, aber Forskal starb auf der Reise, und was von seiner Sammlung gerettet wurde, ist in einem solchen Zustande, dafs es mehr zu Mißverständnissen Veranlassung gegeben, als solche aufgeklärt hat. Der unglückliche Tod des Herrn Hemprich verhinderte das Eindringen nach Habessinien, aber auch ein geringer Beitrag zur Kenntnifs dieses Landes ist von Wichtigkeit, da Bruce und Salt sehr wenig für die Pflanzenkunde dieses Landes geleistet haben. Ungeachtet die Pflanzen des Libanon von La Billardiere mit grofsem Fleifs untersucht wurden, so hat doch dieses Gebirge einen so üppigen Pflanzenwuchs, dafs sich dort eine grofse Nachlese erwarten liefs. Allen Erwartungen haben die Reisenden durch ihre Bemühungen in einem hohen Grade entsprochen. Die Zahl der gesammelten Pflanzenarten beträgt 2875, nehmlich in Ägypten und Dongola wurden gesammelt 1035, in Arabien und Habessinien 700, auf dem Libanon 1140; ein merkwürdiges Übergewicht für den Libanon, zu dessen Untersuchung die Reisenden nur zwei Monate, folglich nur eine Jahreszeit verwenden konnten. Eine grofse Menge dieser Arten ist in vielen Exemplaren vorhanden, so dafs sich die Zahl derselben auf 46750 beläuft. Von 699 Arten sind die Samen gesammelt, und dem Königl. Botanischen Garten geschickt worden; über 300 Arten haben dort geblühet, mitunter viele noch nicht beschriebene und aus-

gezeichnete Arten. Die Zahl der noch nicht beschriebenen Arten kann man überhaupt auf 600 rechnen. Holzproben sind 44 und Arzneiwaaren aus dem Pflanzenreiche 40 mitgebracht. Es ist sehr zu bedauern, daß 48 Stämmchen lebender Bäume bis auf eine Weidenart (*Salix subserrata*) abgestorben ankamen. Die Pflanzenuntersuchungen nach dem Leben auf der Stelle entworfen, betreffen mehr als 1000 Arten. Blüten und Früchte sind in Menge zergliedert und sogleich gezeichnet, Saftpflanzen vollständig abgebildet. Das große Talent des Herrn Ehrenberg im Zeichnen ist ihm gar sehr zu Statten gekommen, mit vielem Geschick hat er den Baumschlag fremder Bäume aufzufassen gewußt. Die meisten von Forskal beschriebenen Arten sind wieder gefunden worden. Myrrhe haben die Reisenden von *Amyris Kataf* selbst gesammelt, die verschiedenen Bäume, von welchen das arabische Gummi und die Senesblätter kommen, genau bestimmt, auch über die Gewinnung der Aloë Aufschlüsse gegeben. Die Manna am Sinai kommt von einer vorher noch unbekanntem Tamarisken-Art. Drei neue Brodtpflanzen wurden beobachtet, *Zygophyllum album*, *Panicum turgilum* und *Cucumis farinosa*. Die Farbe des rothen Meeres hat schon seit langer Zeit zu vielen Untersuchungen Veranlassung gegeben, Herr Ehrenberg sah zuerst, daß sie von einer kleinen *Oscillatoria* herrühre, einem von jenen kleinen Gewächsen, welche zwischen dem Thierreiche und Pflanzenreiche in der Mitte stehen. Wir wissen nun durch Herrn Ehrenberg, daß die Schimmelarten, kleine Pflanzen, welche sich auf verdorbenen Sachen erzeugen, unter verschiedenen Himmelsstrichen völlig dieselben sind, überhaupt, daß die niedern Vegetationen unter allen Klimaten dieselben bleiben. Die Anfänge der Vegetation auf den flachen Inseln im rothen Meere sind genau beobachtet worden. Überall sind die Reisenden auf die Verbreitung der Pflanzen, sowohl der gebaueten als wilden sehr aufmerksam gewesen, und die Pflanzengeographie erwartet daher eine große Erweiterung.

Resultate für Zoologie.

Was im Fache der Zoologie von den Reisenden geleistet worden, steht nicht nur mit ihren übrigen Arbeiten in gleicher Höhe, sondern ist in Reichthum, Mannigfaltigkeit und sorgsamer Behandlung des Gesammelten, so wie in Gründlichkeit der darüber angestellten und niedergeschriebenen Beobach-

tungen und Erfahrungen von so großer Bedeutung, daß man sich schon für befriedigt erklären könnte, wenn dies auch der einzige Gewinn von ihrer Unternehmung gewesen wäre. Denn derselbe ist von einem Umfang, bei welchem es fast unbegreiflich wird, wie sie noch für die übrigen Zweige der Naturgeschichte so Vieles zu leisten im Stande waren.

Die Wahrheit dieser Behauptung wird sich aus den folgenden Angaben näher und unwiderleglich ergeben.

An Säugethieren sandten sie in Allem nicht weniger als 590 Individuen, die zu 135 unterschiedenen Arten gehörten. Die wenigsten derselben waren bisher überhaupt oder in genauen Beschreibungen bekannt. Überall lieferten die Exemplare oder die darüber angestellten Beobachtungen die wichtigsten Aufschlüsse über Angaben alter Schriftsteller, über Zweifel der Neuern, über die Bedeutung alterthümlicher bildlicher Darstellungen. Die Menge und Auswahl der Exemplare gab zugleich Rechenschaft über Veränderungen nach Geschlecht, Alter und Jahreszeit, gleichzeitige anatomische Untersuchung vollendete das Bild, das man sich von ihrem Wesen zu entwerfen habe und liefs späteren Forschungen kaum etwas zu thun übrig. Die wenigen bekannteren Formen waren belangreich für die Kenntniß ihrer geographischen Verbreitung und für die Betrachtung etwaniger Umgestaltung einzelner Gebilde als Folge der so sehr unterschiedenen klimatischen Einflüsse, unter welchen sie angetroffen wurden.

Alles Erhebliche zu nennen verbietet die Beschränkung, die diesem Bericht gegeben werden muß. Nur Einzelnes sei Beispielsweise genannt.

In der Ordnung der Nager lernten wir durch diese Unternehmung nicht nur den lybischen Hasen zuerst genauer kennen, sondern zwei merkwürdige Abänderungen seiner Form, vielleicht eigene Arten, wurden die eine in Nubien, die andere am Sinai entdeckt. Die sonderbare Familie der Springmäuse sowohl in der Form der dreizehigen (*Dipus*) als der fünfzehigen (*Meriones*) erlangte durch die Entdeckung vieler neuen Arten einen Reichthum, der vorher nicht geahnet werden konnte. Seltsam klingende Angaben von Bruce, Meyer, selbst von Pallas wurden durch sie zur Klarheit gebracht oder auf das Befriedigendste berichtigt. Überraschend war überhaupt die Mannigfaltigkeit und Eigenthümlichkeit der Bildung so vieler kleiner unterirdisch lebender mäuseartiger Nagethiere, die das Nilthal, Arabien und Syrien hervorbringen, und wichtig die Vergleichung aller dieser

mit den von Pallas so trefflich beschriebenen asiatischen Nagern, von welchen ein glückliches Zusammentreffen uns eben in dieser Zeit so viele durch die Herren Eversmann und Gebler aus Siberien zuführte. Interessante neue Arten von Eichhörnchen lieferten der Libanon und der östliche Abhang der habessinischen Küste. Letztere auch den bis jetzt so häufig missverstandenen arabischen Pavian *S. Hamadryas*, der die Höhen an beiden Küsten des rothen Meeres in seinem tropischen Theile bewohnt. Der berühmte rothe Affe *S. Patas* ward aus Sennaar mitgebracht in einem lebenden Exemplar von einer Gröfse und Kraft, die die ganze Ansicht über diese Art und ihre systematische Stellung verändert.

Unter den Raubthiergattungen wurden besonders die der Hunde, Katzen, Zibeththiere, Ichneumonon, Stinkthiere, Wiesel und Spitzmäuse theils mit neuen Arten bereichert, theils durch die Vollständigkeit vorliegender That-sachen und die Gültigkeit der übersandten Beweisstücke aufgeklärt. Der berühmte *Cerdo* der Alten, Bruce's langöhriger Fennek kam durch unsre Reisenden zuerst nach Europa und stellte sich nebst zwei nahe verwandten Arten, dem *Canis riparius* und *pygmaeus* als die Zwergform der Füchse dar, die von dieser großen Sippschaft generisch nicht zu sondern sein wird. Die Fragen nach dem Unterschiede des ächten Schakals von den andern Hundarten des Orients, so wie nach der Ausartung, die unser Fuchs in heifsen und trockenen Ländern erleidet, werden sich in unseren ferneren Berichten ziemlich genügend beantworten lassen. Eben so sind die wilden Katzen jener Gegenden, die unter dem Namen *F. lybica*, *F. ocreata*, *F. manul* u. s. w. in den systematischen Handbüchern stehen, fast nur als Ausartungen der gemeinen wilden Katze anzusehn und die stetigen Reihen, die unsere Exemplare hier bilden, nehmen in dieser Beziehung ohne Zweifel die Aufmerksamkeit der neueren zoologischen Methode gar sehr in Anspruch.

Unter den übrigen Raubthieren sei hier nur noch ein kleines Wiesel genannt, unserm Hermelin im Sommerkleide nicht unähnlich, aber schon mit deutlichen Schwimnhäuten und die ohnehin schon so nahe Verwandtschaft zwischen Mustelen und Ottern noch näher knüpfend.

Auch eine Bärenart lieferte die Reise, die am Libanon gefunden wurde, deren geringe Gröfse und lichte Haarfarbe, bis zur nähern Untersuchung des Schädels, es sehr bedenklich macht, sie für blofse Ausartung des europäischen Landbären zu halten.

Am Sinai und allen mittleren Gebirgshöhen Nubiens und Arabiens lebt die mit dem capischen Klippdachs generisch verwandte Art von Hyrax (*H. syriacus*). Ihre Unterschiede von diesen waren zur Zeit nicht bekannt, man zweifelte ob dergleichen sich finden liefsen. Wir bemerkten aber auffallende Verschiedenheit in den Verhältnissen der Tarsenlänge zur Leibeslänge und dürfen nun nicht zweifeln, dafs Schreber und Shaw richtig auf sie gemuthmafst.

Vor allem aber sind die Entdeckungen glänzend in der Ordnung der Wiederkäufer, wo sie zur Erklärung der Angaben der Alten reichen Stoff bieten. Der Akademie liegt ein ausführlicher Bericht über das, was die Untersuchung der nubischen Antilopen ergeben hat, bereits vor. Noch eine neue Art wurde später in Arabien entdeckt, die wahrscheinlich bis jetzt immer mit der *Dorcas* verwechselt worden ist. Sie fand sich auch auf der bisher unbekanntem Insel Farsan. Nächstdem ist die bisher nur aus einem Fragment im britischen Museum bekannte Modoqua-Antilope (*A. Saltiana Blainville*, leicht die zierlichste von allen) in vielen Exemplaren aus allen Lebenszuständen gesammelt worden und ihre wahre Diagnose jetzt erst gegeben. — Auch den *Tragelaphus* des Plinius fanden unsre Reisenden in Nubien wieder und in Ägypten erhielten sie Ziegen, die in Gestalt der ägyptischen plattnasigen gleichen, aber an Reichthum und Feinheit des Wollhaars den Kirgisischen, namentlich denen, die von Herrn Ternaus Heerde aus St. Ouen hieher gebracht wurden, wenig nachgeben. Ein von ihnen mitgebrachter Apis-Schädel samt Gehörn aus den Pyramiden von Sakhara giebt völlige Sicherheit über die Art und Form des alten heiligen Stiers.

Eine große Menge von Fledermäusen wurden in den Pyramiden und Krypten des Nilthals gefunden, alle nemlich, die in dem großen französischen Werk Herr Geoffroi aufzählt, und mehrere neue, unter andern eine mit auffallend großen Abdominal-Zitzen, die man bis jetzt überhaupt an Fledermäusen nicht fand.

Die Sirene des rothen Meers ist den angestellten Erkundigungen zufolge eine Art der Gattung *Halicore*, von den Arabern *Naga* und *Lothum* genannt, und ein von den Reisenden selbst auf einer wüsten Insel aufgefundenener und mitgebrachter Schädel giebt darüber völlige Gewifsheit. Nur ist dieser wegen etwaniger Identität mit der bekannten indischen Art noch näher zu vergleichen. Ferner enthalten die übersandten und jetzt noch in Doctor

Ehrenberg's Händen befindlichen Manuscripte des Doctor Hemprich un-
gemein reiche Materialien für Zoologie und vergleichende Anatomie in den
höhern Thierklassen. Es ist nicht mit Stillschweigen zu übergehn, daß sich
darin auch höchst interessante Beiträge zur Naturgeschichte der africanischen
Hausthiere finden.

Eine Nilpferdhaut samt Skelet und eine Giraffenhaut erhielt Doctor
Hemprich zum Geschenk von Abdim Bey, dem Gouverneur von Dongola.

Von Vögeln ist die Zahl aller gesammelten und theils in abgebalgten
Häuten, theils in Weingeist, theils skeletirt übersandten Individuen 4674,
und diese sind begriffen unter 429 Arten.

Schon die ersten Sendungen enthielten alles, was die vortrefflichen nur
leider nicht zahlreichen ornithologischen Blätter der *Description de l'Egypte*
darstellen, und was die folgenden brachten, steigerte in immer gleichem
Maafs die Bewunderung des unerschöpflichen Reichthums jener Gegenden,
wie des unermüdelichen Fleißes unserer Sammler. Indessen das Nilthal noch
viele europäische Vögel lieferte, deren jeder aber für die eben jetzt so rasch
vorschreitende Ausbildung der heimischen Ornithologie von großem Werth
war, wurden die Besuche in Dongola, Arabien, Syrien, endlich in Habessinien
Ursach eines immer gröfseren Reichthums der Sammlung an tropischen Vö-
gelformen. Die Steppen lieferten Trappen, Ganga's, Lerchen, Steinschmätzer
von nie gesehenen Arten, ja durchaus neue Bildungsstufen innerhalb dieser
Gattungen; die feuchten Ufer eine Schaar von Sängern, Drosseln, Bienen-
fressern, Honigsaugern, Eisvögeln; der Meeresstrand Regenpfeifer, Wasser-
läufer, Löffelreihler, Möwen und Seeschwalben; fast in allen diesen Gattun-
gen mehr Neues und Seltsames, als Bekanntes und Gewöhnliches. Einige
derselben namentlich *Alauda*, *Saxicola*, *Charadrius*, *Larus* und *Sterna* bedür-
fen nunmehr einer gänzlichen Revision, ja einer neuen Feststellung ihrer ein-
fachsten Merkmale; andre wie *Nectarinia*, *Merops*, *Lanius*, *Hirundo*, sind so
ausnehmend bereichert, daß eine monographische Behandlung derselben für
jetzt nur hier möglich sein wird.

Als ausgezeichnete Einzelheiten verdienen nicht blofs die ungemein
schönen Exemplare des Straufses aus Cordofan, sondern der prachtvolle
Purpurstorch (*C. Abdimii*), der langgeschopfte Ibis (*I. comata*), der grofse
ägyptische Mönchsgeier, der weifsköpfige Edelfalk (wahrscheinlich das Ur-
bild des in Verbindung mit dem Sonnengott Phre so oft vorgestellten heiligen

Falken, die grau- und schwarzköpfigen Möwen und die vor zwanzig Jahren nur nach einem einzigen Exemplar aus unbekanntem Fundort von Paykull beschriebne, dann aber nie wieder gefundene *Dromas Ardeola* genannt zu werden.

Nur die Gattungen *Anas*, *Totanus* und *Tringa*, so reich sie an Arten im Orient gefunden werden, liefern nichts als das Europäische. In den übrigen überwiegt das Fremdartige bei Weitem, selbst in Gattungen, wo man in Betracht der Nähe viel Europäisches erwarten sollte, wie *Falco*, *Strix*, *Columba*, *Turdus*, *Fringilla*, *Emberiza*, *Charadrius* u. s. w. Höchst auffallend ist die völlige Identität einiger Wasservögel des rothen Meeres mit denen der brasilischen Küste. Beispiele sind *Sterna cayennensis*, *Larus macrorhynchus*, *Dysporus Sula* und andre, die bis jetzt nur an diesen beiden Standorten gefunden wurden.

Die Zahl der Amphibien beträgt 437 Stück, von denen 27 in Bälgen, 6 als Skelet und 404 in Weingeist angekommen. Die Zahl der Arten beläuft sich auf 120. Doctor Hemprich hatte vor seiner Abreise eine allgemeine systematische Arbeit dieser Klasse vollendet, welche er Herrn Fitzinger in Wien zu gemeinschaftlicher Herausgabe überliefs und war deshalb wohl im Stande, unterwegs die Formen genau zu unterscheiden. Eine große Zahl derselben ist von Doctor Ehrenberg sogleich nach dem Leben gemalt worden, und da die ähnlichen Thiere bisher fast allein nach Weingeist-Exemplaren beschrieben und abgebildet wurden, so legten sie auf diesen Theil ihrer Beschäftigung einigen Werth.

Von Fischen wurden 2414 Stück gesammelt, davon Bälge 174, in Weingeist 2156, Skelete 84. Die Gesamtzahl der Arten beträgt 426, wovon 310 dem rothen Meere angehören, welche mit wenig Ausnahmen alle Arten des Forskalschen Verzeichnisses umfassen, dessen Zahl sie um mehr als das Doppelte übersteigen. Doctor Ehrenberg und im letzten Jahre ein besonders und allein dazu von ihm angelernter Maler, der Italiäner Finzi, haben fast alle Formen ausgemessen und in Umrissen festgehalten und 110 Arten sind nach dem Leben colorirt. Der fliegende Fisch des rothen Meeres, vielleicht das geflügelte Thier *Salva* aus der Geschichte der Israeliten am Sinai, wenn man überhaupt es nicht durch Heuschrecken erklären will, bisher nur als eine Erscheinung im hohen Meere durch Forskal bekannt, ist von ihnen oft gesehen und einmal durch besonders günstigen Zufall unweit

Rhalim (Elim), gerade da, von wo die Israeliten nicht fern waren, am Strande todt aber unbeschädigt gefunden worden. Bei starkem Sturme fliegt er manchmal schaaerenweis auf die Schiffe. Mit Angeln und dort üblichen Netzen ist er ihren Erfahrungen nach nicht zu fangen, weil er nie an die Küste geht und keine Lockspeise nimmt. Sie haben ihn vorläufig als *Trigla* (?) *Israelitarum* bezeichnet.

Süßwasserfische haben sie (außer denen des Nils, worunter mehrere neue, besonders ein großer, dem Sudis vom Senegal verwandter dongolanischer Panzerfisch, der eine neue Gattung bildet und von ihnen *Heterotis nilotica* genannt wird), aus dem Hundsfusse (Nahr el kelb) und dem Abrahamsfusse (Nahr Ibrahim) in Syrien, aus dem Abflusse des warmen Quells Rhalim bei Tor am Sinai, aus den bisher noch unbekanntem Flüssen Wadi Kanune und Wadi Djara im wüsten Arabien und aus dem Abflusse des Sonnenquells in der Ammons-Oase durch den Magen eines dort geschossenen Reihers.

Von Mollusken sammelten sie 3508, nemlich 2657 Conchylienschalen, Thiere in Weingeist 851. Arten zählen sie 310. So wenig, leicht begreiflicherweise, unter der großen Zahl von Conchylien Neues ist im Verhältniß zu andern Abtheilungen, um so mehr Neues und Schönes lieferten die Abtheilungen der nackten Mollusken und Ascidien. Eine Vergleichung der Bewohner des rothen Meeres mit denen des so nahe liegenden Mittelmeeres wird aus diesen Materialien ein ziemlich festes Resultat geben. Die letzte Aufzählung der Conchylien des rothen Meeres durch Herrn Professor Brocchi in der *Bibliotheca italiana* 1822 enthält nur 91 Arten. Fast alle Arten der nackten Mollusken sind von Doctor Ehrenberg nach dem Leben gemalt, oft mit vielen Details. Unter ihnen sind einige systematisch besonders wichtige Formen. Beschreibungen fehlen bei keiner Art.

Von Anneliden sind 261 Gläschen gefüllt, sie enthalten 67 Arten, meist sehr auffallend abweichende Formen und Doctor Ehrenberg glaubt, daß diese mit unter die wichtigern Resultate der Reise gehören. Alle sind microscopisch untersucht, beschrieben und die Charaktere der neuen Gattungen abgebildet. Die Reisenden verdanken die Möglichkeit genauer Untersuchungen dieser Art, der zuvorkommenden Gefälligkeit des Herrn Savigny in Paris, welcher seine classische Arbeit über diesen Gegenstand ihnen zuzusenden die Güte hatte.

Von Crustaceen sind 675 gesammelt, trocken 203, in Weingeist 472. Arten zählten sie 103. Eine Zahl der schönern Formen sind colorirt nach dem Leben festgehalten, zu allen Bemerkungen gemacht.

Von Arachnoiden sammelten sie 275 aus 120 Arten, die Mehrzahl in Spiritus. Sämmtliche Arten sind sogleich von Doctor Ehrenberg gemalt worden und keine Art ist ohne detaillirte Beschreibung geblieben. Diese Abtheilung, bisher so wenig berücksichtigt, dürfte für die Naturgeschichte besonderes Interesse haben.

Von Insekten sind, dem Verzeichnisse nach, über 20000 Exemplare eingesandt, viele aber leider unterwegs zu Grunde gegangen, doch scheinen wenige Arten verloren zu sein, deren Zahl sich auf 1500 bis 2000 beläuft. Es sind von den Reisenden nicht blofs die Käfer und Schmetterlinge, sondern vorzugsweise die Hymenopteren, Dipteren und bisher weniger berücksichtigten Abtheilungen im Auge gehalten worden. Von diesem Ertrage an Arten scheinen über zwei Drittheile neu zu sein. Jedem Kistchen war immer ein ganz detaillirtes Verzeichniß mit Bemerkungen über Vorkommen, Lebensart und Verwandlung, wo sie beobachtet, beigelegt. Viele Arten haben sie in ihrer ganzen Verwandlung beobachtet. Von einer Anzahl vergänglicher Arten sind colorirte Abbildungen gemacht worden. Erfreulich ist, dafs es ihnen gelang in einem kleinen *Coccus* auf der *Tamarix mannifera* (einem der *Tamarix gallica* nahe verwandten Strauch des Sinai), den lange umsonst gesuchten Mannageber zu entdecken. Sie haben ihn deshalb *Coccus mannifer* genannt, beschrieben, abgebildet und gesammelt. Heuschrecken-Wolken haben sie ebenfalls beobachtet und das Thier eingesandt.

Von Epizoen haben sie 102 Gläschen gefüllt, die sie auf eben so viel Thierarten sammelten. Oft waren mehrere Species auf einem Thiere.

Von Echinodermen sammelten sie 365 Arten, theils trocken, theils in Weingeist und besonders reichhaltig sind ihre Sammlungen an Formen der Gattung *Holothuria*, die Dr. Ehrenberg alle nach dem Leben gemalt hat.

Von Entozoen füllten sie über 600 Gläschen aus 198 Thierarten. Oft fanden sich viele, selbst bis 7 und 9 verschiedene Species gleichzeitig. Fast alle sind nach dem Leben microscopisch untersucht und sehr viele, über 100, gezeichnet worden.

Acalephen sammelten sie 88 aus 20 Arten, welche sämmtlich von Doctor Ehrenberg beschrieben und gemalt sind.

Von Polypen und Corallenthieren sind 62 Arten in 376 Exemplaren gesammelt. Fast alle sind frisch zergliedert und beschrieben, viele in ihrem ausgedehnten Zustande sogleich gemalt worden. Sie halten diese Beobachtungen für besonders interessant. 138 sind in Weingeist, die übrigen trocken eingesandt.

Beobachtungen über Infusorien sind außer in Ägypten und Dongola besonders in der Oase des Jupiter Ammon und am Sinai angestellt worden und die Zahl der beobachteten und aufgezeichneten Formen beträgt 50. Beobachtungen von Infusorien im frisch gefallenen Thau sind von ihnen wiederholt versucht worden, aber nie gelungen.

Endlich haben die Reisenden durch sorgfältige Bemerkung der Localitäten und Verhältnisse einen Beitrag zur zoologischen Geographie beabsichtigt, der sich bis auf die niedrigsten Formen erstreckt, ohne einer oder der andern Abtheilung einen Vorzug einzuräumen.

Resultate für Zoologie und Physiologie.

Die Reisenden haben dieselbe, ja eine noch größere Sorgfalt auf die Untersuchung der einfacheren und kleineren, als auf die der größern Thiere gewandt, welches um so erwünschter war, als bei jenen eine genaue Untersuchung häufig nur im frischen Zustande möglich ist, und es wird daher durch sie nicht bloß die Menge der Gattungen und Arten sehr vermehrt, sondern häufig der Bau sehr befriedigend dargelegt und es erregt eine große Freude, wenn man neben den Thieren die Menge der sehr gelungenen Abbildungen von Polypen, Entozoen, Strahlthieren, Mollusken u. s. w. durchgeht, und überall auf interessante Beobachtungen stößt: so wollen sie z. B. bei der *Ascaris spiculigera* ein Häuten wahrgenommen haben; bei einer *Ascaris* des *Ilyrax syriacus* haben sie Blinddärme sowohl am Darm als am Samenstrang entdeckt u. s. w.

Die Anatomie der Insecten im Linnéischen Sinn ist sehr bereichert, z. B. durch eine Reihe Beobachtungen über die Pupille des Insectenauges, mit colorirten Abbildungen; über die Bildung des Pigments in demselben während der Metamorphose; über diese selbst; unter andern, daß bei dem Auskriechen der Dipteren aus den Larvenhäuten eine aus dem Kopf willkürlich hervortretende Blase dessen Gestaltung wesentlich bedingt; bei

einer *Mantis* haben sie die Bewegung der Säfte in den Flügeln deutlich wiederholt beobachtet; und eine Menge in Weingeist aufbewahrter Insecten und deren Larven gewährt noch viele Untersuchungen.

Die übersandten Fische und deren Skelette, zum Theil von sehr auffallenden Gestalten, von zahlreichen Beobachtungen und anatomischen Abbildungen begleitet, bilden einen der reichsten Theile der Sammlung, so dafs allein über die Lage der Eingeweide bei 102 Arten von Fischen Zeichnungen vorhanden sind, die noch zahlreicheren übrigen ungerechnet. Bei einem Fische (*Heterotis nilotica*) haben unsere Reisenden ein räthselhaftes, faustgrofses Organ an den Kiemen und dem Wasser zugänglich gefunden, das acht ein halb Schneckenwindungen und einen drei Linien dicken Nerven enthält, und das Doctor Ehrenberg als ein accessorisches Gehörorgan betrachtet. Einige schöne Exemplare des Zitterwelses, *Malacopterus* (*Silurus*) *electricus*, haben eine vollständige Anatomie des electricischen Organs (in dem jetzt erscheinenden Bande der Schriften der Akademie) gestattet, da es sonst nur sehr obenhin beschrieben war.

Unter den vielen Beobachtungen über die Amphibien zeichnen sich besonders die zahlreichen Untersuchungen über das Auge aus. Den Kamm haben sie, die Schildkröten ausgenommen, in allen von ihnen untersuchten Gattungen gefunden; hinter der Netzhaut des Krokodilauges eine dem Tapetum ähnliche lösbare Haut u. s. w.

Von Vögeln hatten sie 173 Eier und mehrere Nester gesammelt. Viele Vögel sind anatomirt. Von 52 Arten sind die Zungen, von 15 Arten ist der Gaumen gezeichnet. Bei *Ardea Virgo* ist, wie sich erwarten liefs, der von Perrault dem Auge dieses Vogels abgesprochene Kamm gefunden. Bei dem eingesandten Skelett des *Buceros melanoleucos* ist eine sonst noch bei keinem Vogel beobachtete Beschaffenheit der Luftknochen gefunden; die Hals- und Steifswirbelbeine enthalten Luft, die übrigen nicht, auch nicht das Brustbein und die Schlüsselbeine; was aber vorzüglich merkwürdig ist, nicht blofs die Oberarmbeine und Oberschenkelknochen, sondern auch die des Vorderarms und der Hand, so wie die des Unterschenkels und Mittelfufses und der Zehen (das letzte Glied ausgenommen) sind Luftknochen, und mit eigenen Öffnungen versehen.

Wie von Fischen, Amphibien und Vögeln, sind auch von vielen Säugethieren Fötus gesammelt. Von 24 Thieren ist die Krystallinse gezeichnet und

gemessen, das Tapetum ist bei vielen Thieren genau untersucht und colorirt dargestellt. Die eingesandten Skelette und Schädel, unter jenen vom Nilpferde, vom *Hyrax syriacus*, mehreren Gazellen u.s.w., unter diesen von der Giraffe, vom Apis, vom Dugong aus dem rothen Meere u.s.w. sind sehr grofse Bereicherungen des anatomischen Museums. Am Schädel des Dugongs sind, was bisher von den Beobachtern übersehen worden, deutliche knöcherne Muscheln vorhanden, wodurch sich dieses Thier von den Wallfischen, wohin es Pallas und Cuvier sonst mit Recht gebracht haben, sehr unterscheidet.

Noch Jahre lang werden die, natürlich nur erst noch völlig zu bearbeitenden und aufzustellenden Präparate die interessantesten Bereicherungen der Wissenschaft liefern, so dafs erst späterhin der ganze Zuwachs beurtheilt werden kann.

Resultate für Geognosie und Oryktognosie.

In den großen Länderstrichen, die die Reisenden durchzogen haben, ist von ihnen überall das anstehende Gestein auf das sorgfältigste nach seinen Lagerungsverhältnissen beobachtet worden. Die gesammelten Gebirgsarten lassen sich in fünf Gruppen vertheilen, unter denen sich besonders auszeichnen: 1) die neuen Flöz- und Tertian-Formationen von Ägypten und der nahen Wüste, 2) das Ur- und Übergangs-Gebirge der Katarraeten, die Onyx-Geschiebe von Assuan, der Granit-Gneis mit körnigem Kalk und hornblendigem Gestein von Nubien nebst Steinsalz aus Dongola; 3) die Porphyr- und Syenit-Formationen vom Sinai und der anliegenden Halb-Insel; 4) der Jurakalk des Libanon mit Fischversteinerungen 3000 Fufs über dem Meere, bei Djebbeh, mit Seemuscheln bei Sanin nahe an der Schneegrenze, und mit Braunkohle im Sandstein und Schieferthon bei Bischerra, so wie mit Basalt bei Haddet, etwa 6000 Fufs über dem Meere; 5) die Küstenländer des rothen Meeres mit der vulkanischen Insel Ketumbul und dem südöstlichen Abfall des Habessinischen Gebirges. In allen diesen Gegenden haben Herr Ehrenberg und Hemprich nur auffallende Ähnlichkeit geognostischer Verhältnisse besonders in der Association der Gebirgsmassen erkannt. Mehrere Skizzen mineralogischer Karten, welche die Berichterstatter untersucht haben, zeugen von der unbegrenzten Thätigkeit welche die Reisenden auch in diesem Theile der Arbeiten gezeigt haben.

Resultate für Länder- und Völkerkunde.

Bei dem Zweck der Reise, den wir in dem Eingange zu diesem Berichte ausgesprochen haben, sind Beobachtungen über Völker- und Länderkunde, so wie graphische Versuche dieser Art nur als Nebenarbeiten zu betrachten; doch wird die kurzgefaßte Erwähnung dessen, was auch in diesem Fache geschehen ist, lehren, daß die Reisenden, ohne Hülfe astronomischer Ortsbestimmungen, durch häufige Messung der Winkel, welche die wichtigsten Punkte mit dem magnetischen Meridian machen, durch Schätzen der Abstände und durch sorgfältig geführte Itinerarien doch viele wichtige topographische Materialien zusammengetragen haben. Am Eingange des Meerbusens von Akaba und bei Gisan hat Herr Ehrenberg die Umrisse mehrerer Inseln gezeichnet, welche in Valenzia's Karten gänzlich fehlen. Die Insel Farsan von drei Tagereisen im Umfange mit drei Dörfern und mehreren Häfen für kleine Schiffe, ist als eine neue geographische Entdeckung zu betrachten. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen ferner die Reiserouten von Tor nach dem Sinai und Suez; über Bir Beda nach dem Schilfsumpfe ohnweit dem Berge Goaebe; von Suez bis zur Insel Cameran längs der Ostküste des rothen Meeres, wo eine Menge Ankerplätze den Geographen unbekannt waren; von Gumfude in das Land der Wechabiten bis zum Berge Derban; von Massana in Habessinien bis zu dem Taranta-Gebirge und den warmen Quellen bei Eilet; von den beiden Schneespitzen des Libanon durch Cölesyrien nach Balbek und von da nach der Küste von Tripolis; von Alexandrien nach Bir el Kor und von da nach der Oase von Siwa. In den nördlichen Küstenländern des rothen Meeres wurden geographische Beobachtungen gesammelt, welche für die ältesten und ehrwürdigsten Traditionen des Menschengeschlechts aufklärend sind. So sahen die Reisenden Bir Beda, wahrscheinlich das bisher noch unbestimmt gebliebene Bedea der heiligen Schrift und das Schilfmeer Jam suf. Das alte Midian, Moses Aufenthaltsort, wird noch durch die Lage von Magne, wo Häuser von Gärten umgeben liegen, bezeichnet. Bei Tor erkannten Ehrenberg und Hemprich in dem warmen Quell Rhalin die Station der Israeliten Elim. Brunnen sind in diesen Ländern bleibendere Denkmähler der Natur, als Wälder und Sandhügel. Aufser diesen geographischen Notizen haben die Reisenden noch nach Europa gesandt:

- 1) ein Verzeichniß sämtlicher Ortschaften der Maroniten im nördlichen Theile des Libanon in arabischer und lateinischer Orthographie, 616 an Zahl, geschrieben von einem Secretair des Emir Bschir, Prinzen des Libanon.
- 2) ein Namenverzeichniß sämtlicher Ankerplätze, Inseln, Corallenriffe und Ortschaften an der Ostküste des rothen Meeres zwischen Suez und Cameran 287 an Zahl, großentheils in arabischer Sprache.
- 3) ein ähnliches Namenverzeichniß (86 an Zahl), für die Westküste des rothen Meeres.
- 4) die von einem Araber, in der Armee des Pascha von Ägypten aufgenommene Karte des Landes der Wechabiten von Taife (bei Mekka) bis Assir und Gumsude.
- 5) Profile der gebirgigten Ostküste des rothen Meeres, des Sinai, des Libanon und der Insel Cypern, von Doctor Ehrenberg gezeichnet.

Wir erwähnen nicht der Bemerkungen über Menschenrassen, Sitten und Sprache, welche die Tagebücher der Naturforscher enthalten. Sie haben überall den Einfluß der Climate auf den Organismus beobachtet, und gegen 800 Thermometer-Beobachtungen in Gegenden angestellt, über deren mittlere Temperatur, innerhalb der Tropen oder an der südlichen Grenze der temperirten Zonen (wo noch eine beträchtliche Winterkälte eintritt), man bisher so wenig bestimmte Erfahrungen hat. Für die Königl. Sammlungen sind viele Menschen- und Thier-Mumien, zwei griechische Papyrus-Rollen in Ägypten gefunden, sieben arabische Manuscripte und eine habessinische Bibel (die Psalmen in der Amhara-Sprache) wichtige Bereicherungen geworden.

Dies ist die gedrängte Übersicht der wissenschaftlichen Resultate, welche Ehrenberg's und Hemprich's Reisen durch Ägypten, Nubien, Syrien und beide Küstenländer des rothen Meeres geliefert haben. Der Hauptzweck eines so wichtigen Unternehmens würde uerfüllt bleiben, wenn Beobachtungen, die zur Erweiterung aller Theile der Naturkunde und der physikalischen Erdbeschreibung so wesentlich beitragen und die als ein gemeinsames Eigenthum aller gebildeten Nationen zu betrachten sind, nicht durch Unterstützung des Staats zur öffentlichen Bekanntmachung gefördert würden. Bei dem wohlthätigen Schutze, den die Regierung allen Bestre-

bungen schenkt, die den Wissenschaften und Künsten ersprießlich, den Ruhm des Vaterlandes erhöhen, können wir jene Besorgniß mit Zuversicht von uns entfernen. Es liegt aber den Berichterstattern ob, den Wunsch der Akademie für eine Art der Bekanntmachung auszudrücken, die den gegenwärtigen Bedürfnissen der Wissenschaften auf das Vollkommenste entspricht, ohne durch übermäßige Pracht die herauszugebenden Werke einem großen Theil der Naturforscher unzugänglich zu machen. Abbildungen organischer Körper in Farben können nicht sorgfältig genug sein, wenn sie neue Formen, gleichsam den Typus einer neuen Familie, oder einer neuen Gattung darstellen. Dagegen sind Linear-Umrisse hinlänglich, so oft aus bekannten Gattungen eine große Zahl neuer Arten beschrieben wird. Herrn Ehrenberg's treffliche Zeichnungen auf der Reise selbst in Ansicht der Naturgegenstände entworfen, können für das zum Muster dienen, was noch zu leisten übrig ist. Ein Reisewerk, dessen Charakter Mannigfaltigkeit und Gründlichkeit des Beobachteten ist, muß seine Hauptzierde in der einfachen Treue und in der zweckmäßigen Auswahl des Abzubildenden finden. Auf diese Weise wird die Herausgabe schneller und für den Staat minder kostbar sein. Die Akademie der Wissenschaften, welche die Reise veranlaßt, und aus ihren eigenen Mitteln beträchtlich unterstützt hat, würde ihren Beruf, für lebendige und freie Verbreitung des Wissens zu sorgen, unerfüllt lassen, wenn sie nicht die Arbeiten Ehrenberg's und Hemprich's zu baldiger Bekanntmachung auf das Dringendste empföhle.

Berlin am 13. November 1826.

A. v. Humboldt. Lichtenstein. Link. Rudolphi. Weifs.

Abhandlungen
der
mathematischen Klasse
der
Königlichen
Akademie der Wissenschaften
zu Berlin.

Aus dem Jahre
1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

=====
In Commission bei F. Dummler.

Inhalt.



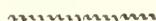
BESSEL: Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels.....	Seite 1
ENCKE über die Bahn der Vesta	- 257
DIEKSEN über die Bedingungen des Gleichgewichts eines freien materiellen Punktes	- 271



Untersuchungen

über
die Länge des einfachen Secundenpendels

von
F. W. BESSEL.



Erster Abschnitt.

Bestimmung der Länge des einfachen Secunden-Pendels für die Königsberger Sternwarte.

1.

Die Bestimmung welche ich hier mittheilen werde, ist auf einen Apparat gegründet, bei dessen Einrichtung ich beabsichtige, sowohl jede über den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels mögliche Unsicherheit, als jeden Fehler in der Messung der Länge desselben zu vermeiden. Dieses habe ich dadurch erlangt, daß ich nicht Schwingungszeit und Länge Eines Pendels, sondern die Schwingungszeiten zweier Pendel beobachtet habe, deren Längenunterschied nicht sowohl gemessen, als vielmehr der ganzen *Toise du Pérou* gleichgemacht wurde.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende: an einer lothrechten eisernen Stange ist eine einige Linien große wagerechte Ebene unwandelbar befestigt, auf welche die Toise mit einem ihrer Enden, lothrecht gestellt werden kann; ferner ist eine Einrichtung vorhanden, von welcher das, aus einer Kugel an einem Faden bestehende Pendel herabhängt, und welche entweder auf der erwähnten festen Ebene, oder auf dem oberen Ende der auf dieselbe gestellten Toise ihren Ruhepunkt hat, so daß der Anfangspunkt des Pendels, in beiden Fällen, einen Höhenunterschied erhält, welcher der Länge der Toise genau gleich ist; endlich ist am unteren Ende der eisernen Stange eine Mikrometerschraube, durch welche kleine Unterschiede in der Höhe der herabhängenden Kugel gemessen werden können. Die Bestimmung der Pendellänge wird daher dadurch erlangt, daß man die Schwingungszeiten der an zwei verschiedenen Fäden befestigten Kugel beobachtet,

deren Länge so nahe um eine Toise verschieden ist, daß der Höhenunterschied der Kugel an beiden Pendeln, nämlich an dem kürzeren wenn es von der festen Ebene, und an dem längeren wenn es von der oberen Fläche der Toise herabhängt, durch die Mikrometerschraube gemessen werden kann. Diese Schwingungszeiten zweier Pendel, deren Längen selbst unbekannt sind, deren Längenunterschied aber bekannt ist, sind offenbar hinreichend zur Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels.

Diese Idee der anzuwendenden Methode, und die Art wie sie, meiner Meinung nach, so ausgeführt werden konnte, daß die Genauigkeit des Resultats nicht von dem Apparate, sondern allein von dem Fleiße welchen man auf die Beobachtungen und ihre Wiederholung verwendet, begrenzt wird, theilte ich im Anfange des Jahrs 1823 Herrn Repsold in Hamburg mit; dieser große Künstler hatte die Güte, auf meine Vorschläge einzugehen, und einen Apparat auszuführen, welcher in allen seinen Theilen die Vollendung der Einrichtung und Arbeit besitzt, welche eines solchen Meisters würdig sind. Im Anfange von 1825 wurde das Instrument fertig, und ich nahm es, vor seiner Absendung nach Königsberg, in der Werkstatt des Künstlers selbst in Empfang. Zugleich erhielt ich eine Toise von Herrn Fortin in Paris, deren Bestellung Herr Arago gütigst übernommen hatte, und für deren sorgfältige Vergleichung mit dem Originale der *Toise du Pérou*, ich diesem großen Physiker und Astronomen, so wie Herrn Lieutenant Zahrtmann, welcher sich, in Angelegenheiten der großen Schumacher'schen Vermessungen, in Paris befand, dankbar verpflichtet bin. Im August 1825 langte alles hier an und ich fing bald darauf die Versuche an, von welchen ich im Laufe dieser Abhandlung Rechenschaft geben werde.

2.

Zuerst werde ich den Apparat beschreiben. Die perspectivische Abbildung und der daneben befindliche Aufriss, deren Zeichnungen ich Herrn Hafenbau-Inspektor Hagen verdanke, stellen das ganze so deutlich dar, daß ich nicht zweifle, es vollständig erklären zu können.

Der Apparat ist an einem Gebälke von Mahagoniholz *aaaa* aufgestellt, welches im nördlichen Zimmer der Sternwarte, an der Mauer welche dieses von dem südlichen trennt, befestigt ist; es ist nämlich in dieser Mauer,

etwa 7 Zoll über dem Fußboden, ein starkes (in der Zeichnung nicht sichtbares) Eisen befestigt, auf welchem das untere Querholz des Gebälkes ruht; zwei andere Eisen bb , am oberen Ende, in der Mauer befestigt, welche vorn hakenförmig gekrümmt sind, dienen zur Befestigung des Gebälks, und durch Keile welche zwischen ihnen und dem Gebälke eingeschoben sind, wird das letztere lothrecht gerichtet. Auf diese Art ist also das Gebälk, und damit der daran aufgehängte Apparat, von dem Fußboden getrennt. In dem oberen Querholze dieses Gebälks ist ein Bolzen c befindlich, auf welchem die 10 Fuß 2 Zoll lange, 4 Zoll breite und 4 Linien dicke eiserne Stange dd aufgehängt ist; um sie genau lothrecht zu stellen dienen das Loth ff und die Schrauben gg , hh , so wie drei Paare anderer Schrauben, welche sich in den Querhölzern des Gebälks befinden, und von der Rückseite desselben, mittelst eines Schlüssels, gedreht werden, aber in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

An der großen eisernen Stange befindet sich der lothrechte stählerne Cylinder i , dessen beide Enden kegelförmig sind; mit dem unteren, welches abgerundet ist, ruht er auf einem an der Stange festen Ansätze; das obere Ende ist, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten, und bildet eine kreisförmige, polirte Ebene von 3 Lin. Durchmesser, welche, nach einem Herrn Repsold eigenthümlichen Verfahren, ihre auf der Ebene der großen Stange senkrechte Stellung, mit der größten Schärfe erhalten hat.

Auf diese Ebene kann die Toise kk gestellt werden, und wird dann durch schwache Federn mm aufrecht erhalten; jedoch ist eine Hülse n in der Mitte derselben festgeklemmt, unter welche zwei, um die Unterlagen oo bewegliche Hebel greifen, an deren anderen Armen so schwere Gewichte wirken, daß sie die Toise genau tragen. Durch diese Einrichtung ist die Verkürzung der Länge aufgehoben worden, welche die Toise erfahren würde, wenn man sie aus der wagrechten Lage, in welcher sie mit ihrem Originale verglichen worden ist, brächte und auf eins ihrer Enden stellte: die obere Hälfte verkürzt sich nämlich um dieselbe Quantität um welche die untere sich verlängert.

Die Toise schwebt also frei, und erlangt eine feste Stellung auf dem Cylinder i nur durch das Übergewicht welches sie, bei dem Gebrauche des längeren Pendels, dadurch erhält, daß der Apparat p , von welchem dieses herabhängt, auf ihrem oberen Ende ruht. Dieser Apparat, welchen ich den

Aufhängerahmen des Pendels nennen werde, ist auf der zweiten Kupfertafel Fig. 1. größer dargestellt. An der rechten Seite der großen eisernen Stange, in der Höhe sowohl des unteren, als des oberen Endes der Toise, sind zwei Paare von Lagern qq angebracht, den Lagern eines Mittagsfernrohrs ähnlich; auf diese werden Cylinder von gehärtetem Stahl, von 1 Zoll Durchmesser, gelegt, so daß ihre Axen senkrecht auf die Ebene der großen Stange gerichtet sind, und mittelst einer Wasserwage und einer an dem vorderen Lager befindlichen Schraubenbewegung, genau horizontal gestellt werden. Bei den Versuchen mit dem längeren Pendel wird der Aufhängerahmen, mit den umgekehrten, daran befindlichen Lagern, auf den oberen Cylinder gelegt, bei den Versuchen mit dem kürzeren Pendel auf den unteren. In dem letzten Falle wird die Toise etwa einen Zoll in die Höhe geschoben, damit die horizontale Ebene des Cylinders i von derselben frei werde; dieses geschieht leicht und sicher, da die Toise von ihren Gegengewichten getragen wird.

Der Aufhängerahmen besteht, wie Fig. 1. Taf. II. deutlich macht, aus einem eisernen Rahmen, unter dessen, den Lagern entgegengesetztem Ende, ein Cylinder von Stahl befestigt ist, welcher durch Fig. 3, in seiner wahren Größe, besonders dargestellt wird. Dieser Cylinder hat an dem hinteren, der großen Stange zugewandten Ende, eine Kugel, von welcher zwei Segmente, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten sind; an dem vorderen hat er einen kleineren Cylinder von 0,996 Lin. Durchmesser, welchen ich den Abwickelungs-Cylinder nennen werde; dieselbe Benennung werde ich auch dem ganzen Cylinder mit der Kugel, wovon der eigentliche Abwickelungs-Cylinder nur ein Theil ist, beilegen. An dem, an den Aufhängerahmen befindlichen, schräg aufwärts gehenden Stücke, wird der Pendelfaden festgeklemmt, dann über den Abwickelungs-Cylinder geführt und nun durch die Kugel des Pendels gespannt. Sobald diese Kugel angehängt ist, zieht ihr Gewicht den Aufhängerahmen vorn herab, so daß die Kugel am hinteren Ende des Abwickelungs-Cylinder, bei den Versuchen mit dem langen Pendel auf die Mitte der oberen Fläche der Toise drückt und dieser die feste Stellung auf der wagrechten Ebene des Cylinders i giebt, wozu auch die Reibung der Hebel an ihren Ruhepunkten oo beiträgt; bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel drückt diese Kugel auf die wagrechte Ebene des Cylinders i selbst. Das Gegengewicht an dem Aufhänger-

rahmen, welches die Zeichnung darstellt, ist so geschoben, daß der Druck etwa 12 Unzen beträgt.

Bei den Versuchen werden die auf den Lagern qq liegenden Cylinder nivellirt; indem sie dadurch horizontal werden, wird auch die Axe des Abwickelungs-Cylinders entweder horizontal, oder sie macht wenigstens mit dem Horizonte stets denselben Winkel. Hieraus geht hervor, daß der Höhenunterschied des Anfangspunkt zweier Pendel, die der Temperatur des Versuchs zugehörige Länge der Toise ist. Man bemerkt leicht, daß die Construction des Abwickelungs-Cylinders, welcher am hinteren Ende eine Kugel hat, die Untersuchung ob die beiden Lager qq genau eine Toise voneinander entfernt sind, unnöthig macht; doch hat Herr Repsold dafür gesorgt, daß die Axe um welche der Aufhängerahmen sich dreht und die Axe des Abwickelungs-Cylinders, bei dem Gebrauche beider Pendel, sich in einer Horizontalebene befinden, wodurch auch die strenge Richtigkeit des Parallellismus beider Axen unnöthig wird. Ich erwähne dieses, nicht weil ich glaubte, daß die Construction hier weniger vollkommen wäre als in ihren übrigen Theilen, sondern nur um dadurch bemerklich zu machen, daß die Anbringung eines besonderen Prüfungsmittels für den Parallellismus beider Axen überflüssig gewesen sein würde.

Die auf diese Art aufgehängten Pendel beschreiben keine Kreise, sondern die Curve deren Evolute der Kreis ist.

Um den Höhenunterschied der Kugel in beiden zusammengehörigen Versuchen zu messen, ist an dem unteren Ende der großen eisernen Stange die Vorrichtung r befindlich. Sie besteht aus einem Hohl-Cylinder von Glockenmetall, am Eisen der Stange befestigt, in welchem sich ein Cylinder von Stahl, von 7 Linien Durchmesser, auf und abwärts schieben, und auch um seine Axe drehen läßt; von diesem Cylinder ist ein kleines Stück am oberen Ende in der Zeichnung sichtbar. Unter das untere Ende dieses Cylinders wirkt die Schraube s , so daß er, durch Drehung derselben, erhöht und erniedrigt, und die Quantität dieser Veränderungen durch die Revolutionen dieser Schraube gemessen werden kann. Das obere Ende des Cylinders wird indessen nicht unmittelbar mit der Kugel in Berührung gebracht, sondern es ist darauf ein sechzig Mal vergrößernder doppelter Fühlhebel t befestigt, dessen kürzerer Arm eine horizontale polirte Stahlebene trägt. Die Schraube s wird so weit gedreht, bis die die Kugel berührende Stahl-

ebene am kurzen Arme des Fühlhebels, den längeren bis zu einem Zeichen an seinem Gehäuse erhebt; hierdurch kann man die Höhenunterschiede der Kugel genauer beobachten, als ohne Fühlhebel möglich sein würde.

Da es wesentlich ist, zufällige Veränderungen der Temperatur von dem Apparate zu entfernen, so ist derselbe in ein Gehäuse mit Spiegelplatten eingeschlossen, und man dreht die Schraube s nicht unmittelbar, sondern bei verschlossenen Fenstern, mittelst der Handhabe u , welche durch ein Stirnrad auf die Schraube wirkt. Auch wird das Pendel bei verschlossenem Gehäuse sowohl in Bewegung gesetzt als angehalten; dieses geschieht durch die Zange v , welche sich vor und rückwärts schieben läßt, und durch welche man also das Pendel beliebig weit von der Lothlinie entfernen kann, ehe man es seiner Bewegung überläßt. In w ist eine Scale, welche die Schwingungsweiten mißt. In das Eisen der großen Stange eingelassen sind die Kugeln der Thermometer e' , e'' , e''' ; zwei andere Thermometer l' und l''' hängen frei im Gehäuse und zeigen die Temperatur der Luft; das erstere, dessen Kugel sich in der Höhe der Pendelkugel befindet, bleibt immer an seinem Orte, das letztere hat seine Kugel stets in der Höhe des Aufhängepunkts der Pendel und befindet sich also an dem in der Zeichnung angegebenen Orte wenn mit dem langen Pendel experimentirt wird; wird aber das kurze Pendel angewandt, so wird das Thermometer so tief gehängt als dann erforderlich ist. In dieser Lage bezeichne ich dasselbe Thermometer durch l'' .

Endlich erwähne ich noch, daß sowohl das Gebälk von Mahagoniholz, als auch die große eiserne Stange, so eingerichtet sind, daß sie, des leichtern Transports wegen, in der Mitte auseinandergenommen werden können. Dazu dienen, für das Gebälk, die in der Zeichnung sichtbaren Schrauben xxx ; die Zusammensetzungsart der Stange, welche eben so sicher als kunstreich ist, konnte in der Zeichnung nicht angegeben werden.

3.

In dieser Beschreibung habe ich, um die Übersicht des ganzen Apparats nicht zu erschweren, die Anführung aller Einzelheiten vermieden, werde aber, so wie ihre Kenntnifs nothwendig wird, darauf zurückkommen. Auch habe ich bei keinem der Theile der Vollendung erwähnt, welche alle

besitzen. Dieses ist bei einer Arbeit von Repsold unnöthig, allein ich kann dennoch nicht verschweigen, daß die genaue Untersuchung des Apparats, sowohl meinem hochgeehrten Freunde Schumacher, als mir selbst, die Bewunderung abgenöthigt hat, welche wahrer Vollendung gebührt.

Ich kann indessen nicht unterlassen, von der Mikrometer-Vorrichtung am unteren Ende des Apparats noch einiges zu sagen, indem die mehr oder weniger gute Ausführung dieses Theils, unmittelbaren Einfluß auf die Messungen der Höhenunterschiede hat. Der Cylinder nämlich, welcher sich in der Hülse von Glockenmetall bewegt, füllt den Raum dieser letzten so genau aus, daß, wenn man diese Hülse unten luftdicht verschließt, vorher aber den Cylinder etwas in die Höhe hebt, derselbe auf der in der Hülse befindlichen Luft ruht, dennoch aber Spielraum genug hat, um eine Axendrehung welche man ihm giebt (nachdem der Fühlhebel, welcher der Drehung im Wege sein würde, abgeschraubt worden ist) mehrere Minuten lang fortzusetzen. Dabei sind der Cylinder und seine Hülse vollkommen trocken, ohne Öl, so daß die Bewegung des ersteren, bei den Messungen der Pendel, auch nicht durch die Klebrigkeit des Öls gestört werden kann, und er in der That der kleinsten Drehung der Schraube welche ihn trägt, nachgiebt. Durch diese fast völlige Gleichheit der Durchmesser des Cylinders und seiner Hülse, erhält man die Versicherung, daß der erstere, bei der Erhöhung und Erniedrigung sich parallel bleibt; dieses wird bestätigt wenn man auf das Gehäuse des Fühlhebels eine Wasserwage setzt, welche ihren Stand nicht verändert, wenn man den Cylinder erhöht oder erniedrigt. Die dagegen stattfindende Beschränkung des Gebrauchs des Apparats auf Temperaturen, welche nicht niedriger sind als einige Grade unter dem Gefrierpunkte, ist unbedeutend; die gröfsere Zusammenziehung des Glockenmetalls durch die Kälte vernichtet nämlich den kleinen Zwischenraum dann ganz, und der Cylinder verliert seine Beweglichkeit.

Ein anderer Punkt von unmittelbarem Einflusse auf die Resultate ist die Unbeweglichkeit des Aufhängungsrahmens während der Schwingungen. Um diese zu prüfen, habe ich das kleine, von Herrn Hardy erfundene Instrument, welches auch Herr Kater zu demselben Zwecke angewandt hat, nachdem es vorher den Pendelschwingungen gleichzeitig gemacht war, sowohl bei dem langen, als bei dem kurzen Pendel, auf den Aufhängungsrahmen gestellt, aber keine Bewegung bemerkt. Um aber eine noch directere

Prüfung der Richtigkeit der Versuche, in dieser Hinsicht zu erhalten, habe ich den Rahmen, nahe an dem Punkte von welchem das Pendel herabhängt, durch mehrere stark angespannte Fäden, auf das stärkste befestigt und das Pendel schwingen lassen, dann diese Befestigung weggenommen und die Schwingungen des Pendels fortgesetzt; beide Reihen von Versuchen haben aber, weder bei dem langen, noch bei dem kurzen Pendel, einen Unterschied gezeigt. Übrigens wäre bei einem Apparate von meiner Einrichtung, die absolute Unbeweglichkeit des Aufhängepunkts vielleicht weniger wesentlich, als bei einem anderen, indem der Einfluß einer kleinen Bewegung auf die Längen beider Pendel wahrscheinlich gleich sein, und dann aus dem Unterschiede, worauf es allein ankömmt, verschwinden würde.

4.

Ich werde jetzt das Pendel selbst näher beschreiben. Der Stahlfaden, welcher die Kugel trägt, ist nicht selbst in Berührung mit dem Abwickelungs-Cylinder, sondern es ist an dem Aufhängerahmen ein 1,4 Lin. breites, etwa 0,008 Lin. dickes Messingblättchen festgemacht (*), welches über den Abwickelungs-Cylinder gelegt ist und einige Linien unter demselben eine Klemme von Messing trägt, welche 20,77 Gran des Preussischen Pfundes wiegt. Der Pendelfaden ist, an beiden Enden, in kleine Schraubenklemmen befestigt, welche dem Gewichte nach vollkommen gleich sind, jede 19,72 Gran schwer. Von diesen Klemmen wird eine in die mit einer Schraubenmutter versehene Klemme am Messingblättchen, die andere in eine gleiche in die Kugel eingebaute Schraubenmutter eingeschraubt, durch welche Einrichtung man auch in den Stand gesetzt wird, den Faden leicht umzukehren. Endlich ist ein 2 Lin. hoher und 1,25 Lin. Durchmesser habender, in der Axe durchbohrter Cylinder von Messing, der für das lange Pendel 3,81 Gran, und für das kurze 3,69 Gran wiegt, auf den Faden geschoben; dieser ist erforderlich um die Beobachtung der Schwingungszeiten genau zu machen, wie aus der unten vorkommenden Beschreibung der Beobachtungsart hervorgehen wird; ich werde ihn den Coincidenz-Cylinder nennen. Die

(*) Ein Quadratzoll desselben wiegt 1,801 Gran, also eine Linie der Länge eines Streifens von 1,4 Lin. Breite 0,01759 Gran.

2^{te} Fig. Taf. II. zeigt alles dieses in wahrer Gröfse; die erste macht die Befestigung des Messingblättchens anschaulich.

Wenn das Messingblättchen vollkommen biegsam wäre, so würde der Mittelpunkt der Kugel einen Bogen der Curve beschreiben, deren Evolute der Durchschnittskreis des Abwickelungs-Cylinders (Durchmesser = $0,4996$) ist. Es läßt sich leicht zeigen (Beilage I.), dafs die Zeit einer ganzen Schwingung in dieser Curve, von derjenigen Zeit nicht merklich verschieden ist, in welcher ein einfaches Pendel eine Schwingung machen würde, dessen Länge der Länge des sich abwickelnden Pendels im Zustande der Ruhe, oder der mittleren Länge desselben gleich ist. Wenn man aber die Federkraft des Fadens nicht aufser Acht läßt, so wird klar, dafs derselbe zwischen dem Abwickelungs-Cylinder und der Kugel keine gerade Linie, sondern in der Nähe des ersteren gekrümmt ist, welche Krümmung aber mit der wachsenden Entfernung vom Abwickelungs-Cylinder geringer, und sehr bald unmerklich wird. Man kann nicht daran zweifeln, dafs diese Federkraft einen Einflufs auf die Schwingungszeit des Pendels haben müsse, allein da die Krümmung nur ganz nahe am Abwickelungs-Cylinder merklich ist, so ist zu erwarten, dafs sie nur den Mittelpunkt der Bewegung ändert, entweder um eine beständige, oder mit dem Schwingungswinkel veränderliche, nicht aber von der Länge des Pendels abhängige Quantität.

Da aber die gegenwärtige Methode nicht auf die Länge eines Pendels, sondern auf den Längenunterschied zweier Pendel gegründet ist, und daher alles was beide gleichmäfsig ändert, keinen Einflufs auf das Resultat hat, so wird auch die Federkraft des Fadens unschädlich, falls man die Überzeugung erlangen kann, dafs sie für beide Pendelfäden, oder vielmehr für die Theile derselben, welche sich in der Nähe des Abwickelungs-Cylinders und in Berührung mit demselben befinden, genau gleich ist, und falls man beide Pendel in gleichen Schwingungswinkeln beobachtet. Die erste dieser Bedingungen ist durch die Einrichtung des oberen Theils der Pendel, welcher für beide derselbe bleibt und daher die Gleichheit der Federkraft vollkommen verbürgt, erfüllt worden; die andere ist dadurch erfüllt, dafs die Versuche mit beiden Pendeln bei gleichen Winkeln gemacht sind.

Die Veränderung der Bewegung, welche aus der Federkraft entsteht, habe ich (Beilage II.) durch Rechnung verfolgt, vorzüglich um kennen zu lernen, welchen Einflufs die Schwingungswinkel darauf haben; denn wenn

ein solcher Einfluß merklich ist, und man darauf ausgeht, alle bei einem Versuche beobachteten Coincidenzen des Pendels und der Uhr, durch eine und dieselbe Formel möglichst nahe darzustellen, wie es geschehen muß wenn man den größten Vortheil aus den Beobachtungen ziehen will, so wird auch der Einfluß der Federkraft in der Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel nicht fehlen dürfen. Ich habe gefunden, daß, wenn die Tiefe der als ein Punkt betrachteten Kugel unter der Axe des Abwickelungs-Cylinders, im Zustande der Ruhe, durch ϱ bezeichnet wird, das Pendel in derselben Zeit schwingt, in welcher ein einfaches schwingen würde, dessen Länge

$$= \varrho + 11 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\mu}{4aa}} \right) \sqrt{\mu} \cdot \sin \frac{1}{2} u'^2$$

ist. In dieser Formel bedeutet μ die elastische Kraft des Fadens, die Kraft welche den Faden spannt als Einheit angenommen, a den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders und u' den Schwingungswinkel. Sie setzt einen wenig steifen Faden voraus, so daß derselbe auf einem Bogen des Abwickelungs-Cylinders ganz aufliegt; wird er steifer angenommen, so daß er den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so wird diese Formel

$$= \varrho + \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\omega'}{2} - \frac{\sqrt{\mu}}{2} \cos \frac{\omega'}{4} + \left\{ \frac{3}{16} a \sin \frac{\omega'}{2} + \sqrt{\mu} \left(11 - \frac{735}{64} \cos \frac{\omega'}{4} \right) \right\} \sin \frac{1}{2} u'^2$$

wo ω' den Winkel bezeichnet, welchen der Theil des Fadens über dem Abwickelungs-Cylinder, mit der Lothlinie macht; bei meinem Apparate ist ω' etwa $= 19^\circ$. Es ist noch ein dritter Fall möglich, nämlich wo die beiden vorigen, während der Schwingung, ineinander übergehen; ich habe aber die Rechnung nicht auf ihn ausgedehnt.

Das Messingblättchen welches ich angewandt habe, hat so wenig Federkraft, daß bei meinen Versuchen der erste Fall statt findet, und sogar eine Krümmung desselben, da wo es den Abwickelungs-Cylinder verläßt, nicht auffallend ist. Es war meine Absicht, aus der Vergleichung der bei größeren und kleineren Schwingungswinkeln beobachteten Coincidenzen, μ abzuleiten, und es dann bei der Reduction zu berücksichtigen, so wie auch die aus der Dehnbarkeit des Fadens hervorgehende, von den Herren Paoli und Poisson untersuchte, gleichfalls dem Quadrate des Schwin-

gungswinkels proportionale Änderung. Allein theils stimmen meine Beobachtungen, ohne Berücksichtigung dieser Verbesserungen, so nahe mit der gewöhnlichen Reductionsformel überein, daß das etwa daran fehlende sich fast ganz unter den zufälligen Fehlern versteckt hat, und daher die Übereinstimmung der einzelnen Coincidenzen einer Beobachtungsreihe, durch seine Berücksichtigung nicht merklich vermehrt wird; theils hat sich später gefunden, daß auch die Luft in welcher das Pendel sich bewegt, auf die Reductionsformel einen Einfluß haben kann, so daß beide Ursachen vermischt erscheinen und daher der Einfluß, welchen die Beobachtungen etwa verrathen mögten, nicht einer allein zugeschrieben werden darf. Die nahe Übereinstimmung der Beobachtungen mit der, alles dieses nicht berücksichtigenden Reductionsformel, zeigt übrigens, daß die Gleichheit der Schwingungswinkel beider Pendel, nicht gar zu ängstlich gefordert werden darf.

Trotz dem Resultate der Rechnung in der II^{ten} Beilage, darf diese Aufhängungsart des Pendels, in einem Falle nicht angewandt werden, wo es auf die absolute Länge desselben ankömmt. Denn theils berücksichtigt die Rechnung die Dicke des Fadens nicht, theils mögte es schwer sein, die Überzeugung zu erlangen, daß nicht zwischen dem Cylinder und dem Faden (Messingblättchen) eine kleine Anziehung stattfindet. Allein auf den Unterschied zweier Pendellängen hat alles dieses keinen Einfluß, und daher wählte ich diese Aufhängungsart als die einfachste. Später wurde eine Änderung am Aufhängungsrahmen angebracht, so daß auch mit anderen Aufhängungsarten Versuche gemacht werden konnten; hierauf werde ich unten zurückkommen.

5.

Die Beobachtungsart der Schwingungszeit eines Pendels durch Coincidenzen, welche, so viel ich weiß, Borda erfunden hat, ist jeder anderen so weit vorzuziehen, daß es sich von selbst versteht, daß ich sie angewandt habe; doch werde ich die Art wie dieses geschehen ist auseinandersetzen müssen.

Es war dabei die Absicht, jeden gegenseitigen Einfluß der Bewegungen des Pendels der Uhr und des Pendels am Apparate, zu vermeiden, wie dieses auch schon Herr Carlini gethan hat. Dieses erlangte ich dadurch, daß ich die Uhr nicht nahe vor oder hinter dem Apparate aufstellte, sondern in einer Entfernung von 8 Fufs 6, 65 Zoll vor dem schwingenden Pendel;

zwischen beide wurde ein Kometensucher von Fraunhofer von 24,36 Zoll Brennweite, aus welchem die Oculare herausgenommen waren, gestellt; das Objectiv desselben war 39,77 Zoll vom Pendel am Apparate und 62,88 Zoll von dem der Uhr entfernt, so dafs das Bild des ersteren genau auf das Uhrpendel fiel, und beide durch ein etwa 15 Fufs entferntes, 30zölliges Fernrohr von Fraunhofer, völlig deutlich erschienen.

An der Scale des Pendelapparats (*w*) ist ein schwarzer Streifen, in horizontaler Richtung befestigt, in dessen Mitte eine 0,5 Lin. breite Stelle weifs gelassen ist, diese wird, wenn das Pendel in Ruhe ist, von dem Faden desselben genau bissectirt, und, wenn dem im vorigen Art. erwähnten Coincidenz-Cylinder die gehörige Stelle auf dem Faden gegeben wird, von diesem völlig verdeckt. An dem untersten Ende des Uhrpendels dagegen befindet sich ein geschwärztes Stück Papier, in welches ein etwa 0,3 Lin. breites Loch eingeschnitten ist, welches, wenn das Uhrpendel in Ruhe ist, mit dem Bilde der weissen Stelle auf dem schwarzen Streifen, genau zusammenfällt. Es geht hieraus hervor, dafs, im Zustande der Ruhe beider Pendel, durch das Fernrohr gesehen, der Coincidenz-Cylinder, durch das Loch am Uhrpendel sichtbar wird, dafs er aber die weifs gelassene Stelle auf dem schwarzen Streifen verdeckt, so dafs diese nicht gesehen wird, und alles schwarz erscheint, da auch der Coincidenz-Cylinder geschwärzt ist. Im Zustande der Bewegung beider Pendel aber, wird die weifs gelassene Stelle bei jedem Schlage der Uhr sichtbar, ausser wenn beide Pendel in demselben Momente vorübergehen und daher der Coincidenz-Cylinder sie verdeckt. Die Breiten der weissen Stelle am Apparate und des Lochs am Uhrpendel, sind so gewählt, dafs auch am Anfange der Versuche, wenn die Geschwindigkeit am grössten ist, die erstere ganz unsichtbar wird; es sind daher immer die Zeiten der Verschwindung und Wiedererscheinung des Weissen beobachtet, die eine bei der Bewegung des Pendels von der Rechten zur Linken, die andere bei der entgegengesetzten; das Mittel aus beiden, welches das bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel angegebene Moment ist, fällt daher nie auf eine ganze, sondern immer auf eine halbe Secunde der Uhr. Die Deutlichkeit womit das, durch das Objectivglas des Kometensuchers gemachte Bild und das Pendel der Uhr, durch das Fernrohr gesehen werden, erlaubt, die Coincidenzen auch bei kleinen Schwingungen etwa eben so genau zu beobachten, wie bei gröfseren.

Die Schwingungszeit des langen Pendels könnte auf dieselbe Art beobachtet werden wie die des kurzen, wenn man eine Uhr besäße, deren Schläge nahe dieselbe Dauer hätten; allein das Pendel derselben, auf gewöhnliche Art eingerichtet, müßte etwa 10 Fufs lang sein, was Unbequemlichkeiten und Schwierigkeiten herbeiführen würde. Ich versuchte daher, die Uhr mit einem Pendel von einer neuen Construction zu versehen, welches nicht länger ist als ein gewöhnliches Uhrpendel: es ist dasselbe aus einer Eisenstange und einer Messingstange zusammengesetzt, deren erstere sich über dem Aufhängepunkte, die andere darunter, befindet; beiden sind solche Dimensionen und Massen gegeben, daß das Pendel nicht nur in der erforderlichen Zeit ($1''$, 72) schwingt, sondern auch die Einwirkungen der Wärme und Kälte compensirt. Allein ich war gezwungen, diesen Versuch aufzugeben, indem der Gang der Uhr zu unregelmäßig wurde, was ich, wenigstens zum Theil, den Änderungen der Wärmeverschiedenheit oben und unten am Pendel, gegen welche diese Constructionsart sehr empfindlich ist, zuschreibe. Indessen ist dieses oder ein ähnliches Hilfsmittel nicht eigentlich nothwendig, denn die Bestimmtheit und Deutlichkeit womit die Coincidenzen, bei der beschriebenen Beobachtungsart sich zeigen, ist hinreichend zur Beobachtung nicht allein derjenigen, welche, im Falle der nahen Gleichheit der Schwingungszeiten, durch allmähliche Annäherung der Durchgangszeiten beider Pendel durch die Lothlinie entstehen, sondern auch derjenigen, welche sich, im Falle beide Pendel ganz verschiedene Bewegungen haben, zutragen ohne vorher erwartet zu sein. Auf diese Art wurden die Coincidenzen beider Pendel an einer und derselben Uhr beobachtet.

Man bemerkt indessen leicht einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Methoden: bei der ersteren beobachtet man beide Grenzen der Verdeckung des Weissen und setzt die wahre Coincidenz in die Mitte derselben; bei der anderen nimmt man jeden, innerhalb dieser Grenzen gelegenen Punkt für die Mitte an. Es ist daher klar, daß die erste Beobachtungsart jede einzelne Coincidenz genauer giebt als die zweite; allein, wenn man bei der letzteren mehrere aufeinanderfolgende Coincidenzen beobachtet, und aus allen das Mittel nimmt, so ist im Allgemeinen zu erwarten, daß ein Theil davon vor dem wahren Coincidenzmomente ist, der andere Theil nach demselben; es wird dabei vortheilhaft sein wenn man vermeidet, daß das Verhältniß der Schwingungszeiten beider Pendel sich durch kleine Zahlen,

mit großer Annäherung ausdrücken läßt. Findet aber dieses statt, so würde man die Beobachtungen auf eine ganz ähnliche Weise machen können, wie in dem Falle wo die Schwingungszeiten beider Pendel nahe gleich sind; man hat nur die Periode in welcher die Gleichheit der Schläge wieder eintritt, statt der einzelnen Schläge in jenem Falle, zu nehmen.

Bei dem langen Pendel, welches in etwa $1'',725$ Uhrzeit eine Schwingung macht, habe ich die Regel befolgt, zuerst alle innerhalb 5 oder 6 Minuten vorkommenden Coincidenzen zu beobachten; dann etwa $14' 22''$ nach der ersten (in welcher Zeit das Pendel 500 Schwingungen vollendet), eine zweite Reihe, gleichfalls 5 oder 6 Minuten lang zu observiren, und so fort bis das Pendel über 4000 Schwingungen gemacht hatte. Es ist dabei eben so wenig nöthig, wie bei der ersten Methode, die Schwingungen zu zählen; denn die kleineren Zwischenzeiten in welchen Coincidenzen erfolgen, reichen hin, ihre Dauer mit so großer Annäherung zu geben, daß über die Anzahl der entfernteren nie ein Zweifel bleiben kann. — Man findet sowohl jedes einzelne Moment, als die daraus abgeleiteten Mittel, in den dieser Abhandlung beigelegten Original-Beobachtungen angegeben, und zugleich findet man daselbst diejenigen Fehler dieser Mittel, welche man annehmen muß, damit die Summe ihrer Quadrate ein Minimum werde. Da die ähnliche Fehlerangabe auch bei den mit dem kurzen Pendel, also nach der ersten Methode, gemachten Versuchen vorkommt, so ist es leicht, die Genauigkeit beider Methoden miteinander zu vergleichen. Ich habe dazu die erste Reihe von Beobachtungen benutzt, welche 32 Versuche mit dem langen Pendel, jeder von 9 Momenten, und 16 Versuche mit dem kurzen Pendel, jeder von 11 Momenten, enthält. Die Summen der Quadrate der Fehler, diese in Zehntausendtheilen der Secunden der Uhr ausgedrückt, finden sich für beide

$$= 416779 \text{ und } 60676;$$

man erhält den mittleren Fehler eines der angegebenen Momente, wenn man diese Summen resp. mit 7,32 und 9,16 dividirt und aus den Quotienten die Quadratwurzel auszieht

$$= 0'',00431 \text{ und } 0'',00205$$

oder in Theilen einer Schwingung der beiden Pendel ausgedrückt

$$= 0,00250 \text{ und } 0,00205.$$

Hieraus geht hervor, daß die Beobachtungen des kurzen Pendels genauer sind als die des langen; allein auch, daß die Fehler dieser letzteren noch so klein sind, daß die mit demselben gemachten Versuche sehr genaue Resultate verheissen.

6.

Die Uhr auf welche die Beobachtungen der Pendelschwingungen sich beziehen, ist die von Herrn Repsold verfertigte Hauptuhr der Sternwarte, deren vortrefflicher Gang sich schon viele Jahre hindurch bewährt hat, wie die Tagebücher der Sternwarte zeigen. Jedoch würde es unpassend gewesen sein, sie ihrer Bestimmung zu den Beobachtungen der Culminationen der Gestirne zu entziehen und sie vor dem Pendelapparate aufzustellen. Daher wurde diese Uhr nicht unmittelbar, sondern mittelbar angewandt, indem die vor dem Pendelapparate aufgestellte, fortwährend mit ihr verglichen wurde.

Der Verfertiger der Uhr, an welcher die Coincidenzen unmittelbar beobachtet wurden, ist mir unbekannt; sie ist ein Eigenthum des Herrn Repsold, welcher die Güte hatte, sie mir zu diesen Versuchen zu leihen. Sie ist an einem pyramidalischen Gestelle von Holz, mit hinreichender Festigkeit aufgestellt; sie ist mit dem Fußboden in keiner Verbindung, indem die Füße ihres Gestells auf Pfählen ruhen, welche durch denselben hindurch in das Erdreich eingetrieben sind. Das Pendel dieser Uhr habe ich so geschraubt, daß sie in etwa einer Stunde eine Secunde hinter der Sternzeit zurückbleibt, wodurch also in ohngefähr so langen Zwischenzeiten, die Schläge derselben mit denen der Hauptuhr zusammentreffen. Da die Uhr so gestellt ist, daß man sie, wenn man die Thür zwischen dem nördlichen und dem Meridianzimmer der Sternwarte öffnet, zugleich mit der Repsold'schen Uhr hören kann, so erlangt man durch die Coincidenzen der Schläge beider Uhren, eine genaue Vergleichung derselben, welche selten bis auf $0,02$ zweifelhaft bleibt. Auf diese Weise wurde die Uhr vor dem Pendelapparate, welche ich, in der Angabe der Beobachtungen, stets durch *P* bezeichnen werde, einige Stunden vor und nach den Versuchen, mit der Repsold'schen Uhr (*R*) verglichen, und daraus die Zwischenzeit der Coincidenzen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet; diese Zwischenzeit, verbunden mit dem aus den astronomischen Beobach-

tungen gefolgerten Gange der Uhr R , ergab den Werth eines Pendelschlages von P , in mittlerer Zeit ausgedrückt.

Da indessen Stand und Gang einer Uhr unbekannt Functionen der Zeit sind, und die Anwendung von Beobachtungen zur Bestimmung unbekannter Größen nur dann von jeder Willkür frei ist, wenn die mathematische Form der beobachteten Quantitäten gegeben ist, so wird es nothwendig, daß ich die Art näher angebe, wie ich aus den Vergleichen der Uhren unter einander und mit den astronomischen Beobachtungen, den Werth eines Pendelschlages von P abgeleitet habe.

Wenn man die Zeit der Uhr R , welche zu einer der Coincidenzen mit der Uhr P gehört, durch t bezeichnet, die Zeiten der a^{ten} , b^{ten} , . . . vor oder nach ihr durch $t^{(a)}$, $t^{(b)}$, . . . , und wenn man den Unterschied der von beiden Uhren angegebenen Zeit nicht als gleichförmig sich verändernd annimmt, sondern von der Reihe

$$A + B (t^{(n)} - t) + C (t^{(n)} - t)^2 + \dots$$

welche ihn allgemein ausdrückt, das in die 3^{te} Potenz der Zeit multiplicirte Glied und die höheren vernachlässigt, so erhält die Zeit einer der beobachteten Coincidenzen den Ausdruck

$$t^{(n)} = i + kn + l \cdot nn$$

und die Beobachtung derselben giebt die Gleichung:

$$0 = -t^{(n)} + i + kn + l \cdot nn.$$

Löset man alle durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen dieser Art nach der Methode der kleinsten Quadrate auf, so daß man l unbestimmt läßt, so findet man

$$k + l \left\{ \frac{m (n^3) - (n)(nn)}{m (nn) - (n)^2} \right\} = \frac{m (nt) - (n)(t)}{m (nn) - (n)^2}$$

wo (n) , (nn) , (n^3) . . . die Summen

$$(n) = a + b + c + \dots$$

$$(nn) = aa + bb + cc + \dots$$

$$(nt) = at^{(a)} + bt^{(b)} + ct^{(c)} + \dots$$

u. s. w.

bezeichnen, m aber die Anzahl der Beobachtungen ist. Man hat aber die Zwischenzeit zweier Coincidenzen, deren Mitte auf die Zeit $t + k\tau$ fällt,

$$= k + 2l\tau.$$

woraus hervorgeht, dafs

$$\tau = \frac{1}{2} \left\{ \frac{m(n^3) - (n)(nm)}{m(nn) - (n)^2} \right\}$$

angenommen werden mufs, damit l unbestimmt bleibe. Hat man daher aus den durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen k abgeleitet, ohne l , oder die Ungleichförmigkeit des Ganges zu berücksichtigen, so gilt diese Bestimmung der Zwischenzeit zweier Coincidenzen für die Zeit,

$$t + \frac{k}{2} \left\{ \frac{m(n^3) - (n)(nm)}{m(nn) - (n)^2} \right\}$$

Auf diese Art habe ich nicht nur den Werth von k welcher aus den gemachten Vergleichen der Uhren folgt, sondern auch die Zeit für welche er gültig ist, berechnet, und in den Original-Beobachtungen angeführt. Fällt diese Zeit mit der Mitte des Versuchs bis auf wenige Minuten zusammen, wie es meistens der Fall ist, indem die Beobachtungen danach eingerichtet wurden, so habe ich sie ungeändert zur Bestimmung des relativen Ganges beider Uhren angewandt; ist sie aber stärker verschieden, so habe ich eine zweite Bestimmung von k , für eine andere Zeit zu erhalten gesucht, und aus beiden, unter Annahme einer der Zeit proportionalen Änderung, den Werth von k für die Mitte des Versuchs gefolgert.

Den täglichen Gang der Uhr R gegen Sternzeit habe ich, durch die, gleichfalls bei den Original-Beobachtungen angeführten, aus den Tagebüchern der Sternwarte ausgezogenen Correctionen derselben, abgeleitet, und dabei den aus zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen hervorgehenden Werth desselben, für die Mitte der Zeit gültig angenommen; die verschiedenen Bestimmungen dieser Art sind, ebenfalls unter der Annahme der Zeit proportionaler Änderungen, auf die Mitten der einzelnen Versuche reducirt.

Bezeichnet man die so bestimmte tägliche Änderung der Correction der Uhr R durch s , so erhält man den in mittlerer Zeit ausgedrückten Werth eines Pendelschlages von P , aus der Formel:

$$\frac{365,2422577}{366,2422577} \cdot \frac{86400}{86400 - s} \cdot \frac{k}{k-1}$$

$$= \{0,997269567 + s \cdot 0,000011543\} \frac{k}{k-1}$$

Die Beilage III. enthält eine, nach dieser Formel berechnete Tafel.

7.

Die Temperatur des Pendelapparats wird durch drei Thermometer e' , e'' , e''' bestimmt, deren Kugeln folgende Höhen über dem Boden des Gehäuses haben:

$$e' = 196 \text{ Lin.}; \quad e'' = 584 \text{ Lin.}; \quad e''' = 1292 \text{ Lin.}$$

Die Kugeln dieser Thermometer sind in das Eisen der großen Stange eingelassen und mit Deckeln von demselben Metalle verdeckt, so daß angenommen werden kann, daß sie die wahre Temperatur derselben, und auch der Toise, welche mit der Stange eine gleiche Dicke hat, zeigen. Sie sind von Herrn Fortin in Paris verfertigt und mir von Herrn Professor Schumacher gütigst überlassen. Sie haben die hunderttheilige Scale, wurden aber wiederholt von dem Apparate abgenommen und mit zwei Thermometern verglichen, welche ich, nach der in der VII^{ten} Abtheilung meiner Beobachtungen gegebenen Methode berichtet hatte. Hieraus ging die Verbesserungstafel für die unmittelbaren Angaben dieser Thermometer hervor, welche ich in der IV^{ten} Beilage mittheile. Die bei den Versuchen angeführten Temperaturen sind die schon berichtigten.

Da die Temperatur in der Sternwarte und in dem Gehäuse für den Apparat, in verschiedenen Höhen oft sehr ungleich war, vorzüglich bei großer Wärme, und durch keines der von mir versuchten Mittel gleich gemacht werden konnte, so wird es nöthig, die Temperatur der Theile des Apparats welche nicht gleich hoch mit den Thermometern sind, aus den Angaben zweier derselben, der Höhe proportional zu bestimmen. Ich habe daher die Temperatur für die Höhe h , wenn diese größer ist als die Höhe des Thermometers e'' ,

$$= \frac{1292 - h}{708} e'' + \frac{h - 584}{708} e'''$$

angenommen; wenn sie kleiner ist

$$= \frac{534 - h}{338} e' + \frac{h - 186}{338} \cdot e''.$$

Hieraus folgt, wie aus der IV^{ten} Beilage hervorgeht, die mittlere Temperatur der Toise

$$\tau = 0,4095 \cdot e'' + 0,5905 \cdot e''' ;$$

und unter der Annahme dafs sie 0,0008 Lin. kürzer ist als die *Toise du Pérou*, und dafs das Eisen sich, für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers, Borda's Angabe zufolge, um 0,0000114 seiner Länge ausdehnt, ihre jedesmahlige Länge

$$\begin{aligned} &= 863,^L 9992 \cdot \frac{1 + \tau \cdot 0,000114}{1 + 16,25 \cdot 0,0000114} \\ &= 863,^L 839174 + \tau \cdot 0,^L 00984777 \end{aligned}$$

Ferner erhält man die Temperatur welche zur Berechnung der um den Halbmesser der Pendelkugel verminderten Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte des kurzen Pendels angewandt werden muß,

$$\tau' = 0,6494 \cdot e' + 0,3506 \cdot e''$$

und diese Entfernung selbst, die für $\tau' = 0$ stattfindende durch F bezeichnet.

$$= F + \tau' \cdot 0,^L 0054132,$$

wobei zu bemerken ist, dafs eine etwanige Unsicherheit des Coefficienten von τ' , keinen erheblichen Einfluß auf das Resultat der Versuche haben kann, indem es sich ohnehin von selbst versteht, dafs man die zusammengehörigen Beobachtungen beider Pendel in nicht sehr verschiedenen Temperaturen macht.

Die Temperatur der Luft im Gehäuse des Apparats, ist durch die Thermometer l' und l'' (oder l''') beobachtet, und in den Originalbeobachtungen in wahren Centesimalgraden angeführt. Die Angabe des mit der Pendelkugel in gleicher Höhe befindlichen Thermometers l' dient zur Berechnung der Reduction auf den leeren Raum. Allein von der halben Summe der Temperaturen an beiden Enden des Fadens, hängt auch die Länge desselben ab; wenn nämlich zur Zeit der Messungen der Höhe der Kugel, welche immer am Anfange und am Ende eines Versuchs gemacht sind, die mittlere Temperatur der Luft durch L bezeichnet wird, zur Zeit

einer Schwingung des Pendels durch L' , so ist die Länge des schwingenden Pendels zu der gemessenen im Verhältnisse

$$1 + L' \cdot 0,000011898 : 1 + L \cdot 0,000011898$$

wo die Ausdehnung des Stahlfadens nach Herrn Troughtons Angabe genommen ist. Die Schwingungszeit welche das Pendel gehabt haben würde, wenn es die aus den Messungen folgende Länge unverändert beibehalten hätte, muß daher, sehr nahe, mit

$$1 + (L' - L) 0,000005949$$

multiplirt werden um die wirkliche Schwingungszeit zu ergeben.

8.

Die Mikrometerschraube durch welche die Höhenunterschiede der Kugel, in zusammengehörigen Versuchen, gemessen werden, erhebt oder erniedrigt, wie ich schon in der Beschreibung des Apparats angeführt habe, den Cylinder von Stahl, auf welchem der Fühlhebel befestigt ist. Dieser Cylinder läßt sich um seine Axe drehen, so daß man messen kann, sowohl wenn der Fühlhebel nach der rechten Seite, als auch wenn er nach der linken gewandt ist; das erstere ist der in der Zeichnung dargestellte Fall. Durch diese Einrichtung hat Herr Repsold einen doppelten Zweck erreicht. Es ist nämlich klar, daß die polirte Stahlebene am Fühlhebel, welche mit der Kugel in Berührung gebracht wird, nicht genau horizontal gemacht werden kann, weil sie sich um die Axe des Fühlhebels drehen muß: daher muß ein Fehler entstehen, wenn beide Pendel, zwischen welchen der Höhenunterschied gemessen werden soll, nicht genau auf denselben Punkt der Ebene treffen; dieser verschwindet aber gänzlich, wenn man die Messung mit dem umgewandten Fühlhebel wiederholt, und es war daher unnöthig eine Vorrichtung anzubringen, wodurch man sich überzeugen könnte, daß beide Pendel genau in derselben Lotlinie hängen. Ferner kann man dadurch, daß man eine Wasserwage auf das Gehäuse des Fühlhebels setzt, und den Cylinder dann um seine Axe dreht, prüfen ob er genau lothrecht steht; ich habe ihn auf diese Art vollkommen scharf berichtigen können.

Die Mikrometerschraube welche den Fühlhebel erhöht und erniedrigt, zeigt auf einer Scale die ganzen Drehungen und auf ihrer Trommel

die Hunderttheile derselben. Den Werth ihrer Revolutionen habe ich nicht durch directe Messung, sondern durch die Schwingungen des kurzen Pendels bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden acht Versuche gemacht, zwischen welchen ich die Länge des Pendels, durch Drehung der Schraube am Aufhängungsrahmen, veränderte. Die gefundenen und gehörig reducirten Schwingungszeiten gaben, unter Annahme der Länge des einfachen Secundenpendels = $440,^t 81$, folgende Werthe von F , d. i. der bei der Temperatur = 0 stattfindenden Entfernung des Aufhängepunkts, von dem einen Halbmesser der Kugel über dem Fühlhebel liegenden Punkte, wenn die Mikrometerschraube den Ort einnimmt, welcher dem Anfangspunkte ihrer Scale entspricht:

	Werthe von F
1 ^{ter} Versuch.....	$441,^t 1619 + 15,051. p$
2 ^{ter} ———	$441,^t 8169 + 7,421. p$
3 ^{ter} ———	$442,^t 4982 + 0,497. p$
4 ^{ter} ———	$442,^t 4936 + 0,209. p$
5 ^{ter} ———	$441,^t 8102 + 7,493. p$
6 ^{ter} ———	$441,^t 1527 + 15,141. p$
7 ^{ter} ———	$440,^t 4219 + 23,211. p$
8 ^{ter} ———	$440,^t 4254 + 23,156. p$

Hier bedeutet p den Werth einer Drehung der Schraube, welche sich aus diesen Bestimmungen = $0,^t 0902$ ergibt. Die übrig bleibenden Fehler sind dann:

- + $0,^t 0031$
- $0,0004$
- $0,0004$
- $0,0009$
- $0,0003$
- + $0,0020$
- $0,0009$
- $0,0023$

Obgleich man noch bedeutend grössere Höhenunterschiede mit der Mikrometerschraube messen kann, so sind die bei diesen Versuchen vorkommenden doch völlig hinreichend zur Bestimmung von p , indem, bei den zusammengehörigen Versuchen mit beiden Pendeln, immer nur sehr kleine

Höhenunterschiede, von wenigen Hunderttheilen einer Linie vorkommen. Wegen dieses geringen Einflusses von p , wird auch das Resultat dieser Abhandlung nicht merklich an Authenticität verlieren, indem ich die Original-Beobachtungen der angeführten acht Versuche nicht bekannt mache.

9.

Wenn man die Mikrometerschraube so weit aufwärts dreht, daß der lange Arm des Fühlhebels bis zu seinem Zeichen am Gehäuse steigt, so wirkt das Übergewicht des Fühlhebels dem Gewichte der Kugel entgegen und vermindert dadurch die Spannkraft, und auch die Länge des elastischen Fadens. Ein Übergewicht des Fühlhebels ist aber nothwendig, indem er ohne dieses nicht sicher gegen die Kugel drücken würde; man kann dasselbe verkleinern oder vergrößern, durch ein Gegengewicht welches sich verschieben läßt. Ich habe dieses Gegengewicht so gestellt, daß die Stahlplatte des Fühlhebels in Gleichgewicht gesetzt wurde, wenn man ihren Mittelpunkt mit einem Gewichte von 32,84 Gran belastete. Ein gleiches Gewicht drückt also der Kugel, während die Pendellänge gemessen wird, entgegen. Um die daraus entstehende Verkürzung des Fadens kennen zu lernen, habe ich die Kugel mit verschiedenen Gewichten belastet und die dadurch entstandenen Verlängerungen mit der Mikrometerschraube gemessen. Da kleinere und größere Gewichte immer übereinstimmten, so führe ich hier nur das Resultat des größten von allen an; dieses wog 678,5 Gran, und verlängerte das lange Pendel mit der Kugel von Messing um 0,968 p , das kurze um 0,311 p , oder jenes um 0,0873, dieses um 0,0281. Hieraus folgt, die Verkürzung welche der Gegendruck des Fühlhebels verursacht, und um welche die unmittelbar gemessenen Längen vergrößert werden müssen,

$$= 0,0042 \text{ und } 0,0014.$$

Für das Pendel mit der leichteren Elfenbeinkugel, welches einen schwächeren Faden hatte, fand ich auf dieselbe Art,

$$0,0082 \text{ und } 0,0026.$$

Indessen folgt aus der Elasticität des Fadens noch eine andere Erscheinung, welche ich, obgleich sie keinen Einfluss auf die Resultate hat,

doch nicht unerwähnt lassen darf. Wenn man nämlich den Fühlhebel, sowohl durch Vorwärts als Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube einstellt, so zeigt sich jedesmahl im ersten Falle eine kleinere Pendellänge als im zweiten; der Unterschied beträgt, nach einem Mittel aus allen Versuchen, für das lange Pendel mit der Messingkugel $0,045 p$, und für das kurze $0,020 p$, oder $0,^t0041$, und $0,^t0018$. Aus der Ungleichheit dieser Zahlen geht hervor, dafs er nicht die Folge eines todten Ganges der Schraube sein kann, welcher nach Herrn Repsolds Versicherung, bei so feinen mit gehöriger Vollkommenheit gearbeiteten Schrauben, auch unmerklich ist. Seine Ursache ist vielmehr die Reibung welche der Fühlhebel in seinen Axen erleidet (deren er zwei hat, indem er aus zwei Hebeln zusammengesetzt ist; wovon der erste den zweiten bewegt); nimmt man an, dafs man ein Gewicht m auf die Stahlplatte am kurzen Arme des Fühlhebels legen müfste, um die Reibung zu überwinden, so ist die Kraft welche er gegen die Kugel äufsert, beim Aufwärtsschrauben $= 32,84 + m$, beim Abwärtsschrauben $= 32,84 - m$, also die Verkürzung des Pendels diesen Kräften proportional, und das Pendel beim Aufwärtsschrauben wirklich kürzer als beim Abwärtsschrauben. Aus der angeführten Gröfse der Unterschiede geht hervor, dafs m nahe die Hälfte des Übergewichts von $32,84$ Gran betragen mufs; in der That erlangt der Fühlhebel, wenn man ihn mit einem Gewichte von dieser Schwere belastet, noch kein freies Spiel. Diese Erklärung des Unterschiedes stimmt mit der Verschiedenheit seiner an beiden Pendeln beobachteten Gröfse so nahe überein, dafs das Wenige was daran fehlt, wohl den Beobachtungsfehlern, oder kleinen zufälligen Änderungen in der Gröfse der Reibung zugeschrieben werden kann, also nicht zu der Annahme eines todten Ganges der Schraube nöthigt. — Die wahre Pendellänge ist das Mittel aus zwei Messungen beim Auf- und Abwärtsschrauben, sowohl wenn der Unterschied von der angegebenen Ursache allein herrühret, als auch wenn ein kleiner todter Gang der Schraube dabei mitwirkt.

10.

Ich habe oben schon gesagt, dafs ich die Vergleichung der Toise mit der *Toise du Pérou* der Güte der Herren Arago und Zahrtmann verdanke. Ein darüber, von diesen Herren angefertigtes Certificat, welches

ich in der V^{ten} Beilage mittheile, giebt an, daß die Länge um eine sehr kleine Quantität, nämlich 0,^t0008 kürzer ist als das Original der Toise.

Die Toise ist 19 Lin. breit und 4,2 dick, und mit Sorgfalt gearbeitet. Ihr Gebrauch bei den Pendelversuchen setzt voraus, daß die Entfernung der Endflächen, in der Axe der Stange gemessen, die wahre Länge ist; denn die Kugel am Abwickelungs-Cylinder liegt immer auf dieser Mitte, und mit der Mitte steht die Toise auf der horizontalen Ebene am Cylinder (*i*). Da ich aber nicht weiß, ob die Vergleichung mit der *Toise du Pérou* sich gleichfalls auf die Mitte bezieht, so habe ich für nöthig gehalten, zu untersuchen, ob die beiden Endflächen senkrecht auf der Axe der Toise stehen. Dieses hat sich wirklich so gezeigt, durch eine Prüfungsart welche über ein Tausendtheil einer Linie keinen Zweifel läßt. Das Mittel was ich zu dieser Untersuchung der Toise angewandt habe, bot der Pendelapparat selbst dar. Es kommt nämlich nur darauf an, die Berührungspunkte der Kugel am Abwickelungs-Cylinder und der Toise, durch Verschiebung des Aufhängerahmens, zu verändern, und durch die Mikrometerschraube zu prüfen, ob die Kugel des angehängten Pendels immer eine gleiche Höhe behält, oder ob diese sich durch das Verschieben verändert. Um die der Ausführung dieser Prüfung im Wege stehende Schwierigkeit zu beseitigen, welche darin liegt, daß die Kugel am Abwickelungs-Cylinder nicht weit über die Mitte der Toise hinaus, zurück geschoben werden kann, indem die große eiserne Stange dieses verhindert, ersuchte ich Herrn Repsold, einen Abwickelungs-Cylinder zu verfertigen, welcher statt der Kugel eine abgerundete Spitze hat, so daß sein Berührungspunkt mit der Toise weiter rückwärts liegt. Fig. 4. Taf. II. ist derselbe dargestellt.

Mittelst dieser Einrichtung habe ich fünf Punkte auf jeder Endfläche der Toise untersucht, nämlich den Mittelpunkt und die 0,8 Lin. und 1,6 Lin. nach beiden Seiten von ihm entfernten Punkte. Um die Art wie dieses geschah deutlich angeben zu können, werde ich die beiden Punkte, welche zwischen dem Mittelpunkte und derjenigen Seite der Toise liegen, auf welcher die Aufschrift und ein eingetheilter halber Fufs befindlich sind, durch ihre positiven Entfernungen von der Axe, also durch + 0,8 und + 1,6; die nach der entgegengesetzten Seite liegenden durch — 0,8 und — 1,6 bezeichnen; die Endfläche welche sich an dem eingetheilten Ende der Toise befindet, werde ich die erste, die entgegengesetzte die zweite Fläche nennen.

Als die Toise so aufgestellt war, daß die Eintheilung sich unten, und die Aufschrift vorn befand, zeigte die Mikrometerschraube (in entgegengesetzten Lagen des Fühlhebels im Mittel) indem die Spitze des Abwickelungs-Cylinders mit den verschiedenen Punkten der zweiten Fläche in Berührung gebracht wurde:

$$\begin{aligned} &+ 1,6 \dots\dots 0,201 \\ &+ 0,8 \dots\dots 0,198 \\ &0,0 \dots\dots 0,189 \\ &- 0,8 \dots\dots 0,175 \\ &- 1,6 \dots\dots 0,171 \end{aligned}$$

Darauf wurde die Toise umgewandt: so daß die Aufschrift hinten war; in diesem Zustande fanden sich, für dieselben Punkte, die Angaben des Mikrometers,

$$\begin{aligned} &+ 1,6 \dots\dots 0,182 \\ &+ 0,8 \dots\dots 0,179 \\ &0,0 \dots\dots 0,158 \\ &- 0,8 \dots\dots 0,144 \\ &- 1,6 \dots\dots 0,144 \end{aligned}$$

Dann wurde sie umgekehrt, so daß die Eintheilung oben und die Aufschrift vorn war, wodurch der Abwickelungs-Cylinder mit den Punkten der ersten Fläche in Berührung kam, für welche das Mikrometer angab:

$$\begin{aligned} &+ 1,6 \dots\dots 0,353 \\ &+ 0,8 \dots\dots 0,345 \\ &0,0 \dots\dots 0,336 \\ &- 0,8 \dots\dots 0,333 \\ &- 1,6 \dots\dots 0,330 \end{aligned}$$

Endlich wurde sie umgewandt, so daß die Aufschrift hinten war; das Mikrometer zeigte für

$$\begin{aligned} &+ 1,6 \dots\dots 0,946 \\ &+ 0,8 \dots\dots 0,939 \\ &0,0 \dots\dots 0,937 \\ &- 0,8 \dots\dots 0,935 \\ &- 1,6 \dots\dots 0,935. \end{aligned}$$

Durch das Umwenden der Toise wird ein Fehler im Parallelismus derselben mit dem Cylinder, welcher den Fühlhebel trägt, unschädlich, so wie dasselbe ihn in doppelter Gröfse zeigen mufs. Daher giebt das Mittel aus den beiden ersten Versuchen die wahre Bestimmung der Punkte auf der zweiten Fläche gegen die Axe, das Mittel aus den beiden letzten dasselbe für die erste Fläche. Man erhält also die Höhen über dem Mittelpunkte ($\rho = 0,^L0902$):

	erste Fläche.	zweite Fläche.
+ 1, 6	+ 0,^L0012	+ 0,^L0016
+ 0, 8	+ 0, 0005	+ 0, 0014
- 0, 8	- 0, 0001	- 0, 0013
- 1, 6	- 0, 0004	- 0, 0014

So klein diese Abweichungen sind, darf man sie doch nicht als Fehler in der Construction der Toise annehmen; sie rühren, wenigstens zum Theil, von einer kleinen Krümmung her, welche die aufgestellte Toise zeigte. Es wurden nämlich die Entfernungen beider Enden und der Mitte der Toise, von dem vor ihr herabhängenden Pendelfaden gemessen und auf diese Weise gefunden, dafs die Seite der Aufschrift convex, die entgegengesetzte concav war. Die Entfernung der Mitte von der geraden Linie durch beide Endpunkte, fand ich dadurch:

1 ^{ter} Versuch	0, 18 Lin.
2 ^{ter} ———	0, 14 —
3 ^{ter} ———	0, 11 —
4 ^{ter} ———	0, 05 —

in welchen Angaben aber einige Hunderttheile der Linie unsicher sein können. Diese Krümmung der Toise mufs Höhenunterschiede der verschiedenen Punkte der beiden Endflächen geben, welche in demselben Sinne sind wie die beobachteten. Nimmt man die Sagitte für die beiden ersten Versuche über die erste Fläche = $0,^L08$, für die über die zweite Fläche = $0,^L16$, und betrachtet man die Seitenflächen der Toise als concentrische Cylinderflächen, so werden die Endflächen, falls sie senkrecht auf den Seitenflächen stehen, verlängert, in der Axe des Cylinders zusammentreffen, und hieraus werden Höhenunterschiede der Punkte auf den Endflächen entstehen, welche

für die erste $+ 0,^t0006$, $+ 0,^t0003$, $- 0,^t0003$, $- 0,^t0006$, und für die zweite $+ 0,^t0012$, $+ 0,^t0006$, $- 0,^t0006$, $- 0,^t0012$ betragen, und mit dem Resultate der Versuche ziemlich nahe übereinstimmen. Man könnte eine noch gröfsere Übereinstimmung erlangen, wenn man, ohne die Sagitte zu ändern, eine andere Krümmung annähme. Allein die Versuche selbst sind nicht so sicher als man mit der Mikrometerschraube messen kann; denn da es nothwendig war, das Gehäuse des Apparats, bei dem Verschieben des Aufhängungsrahmens zu öffnen, so kann ein Einflufs der Temperatur übrig geblieben sein, obgleich ich ihn, so viel als möglich, zu vermeiden suchte. Ich glaube daher nicht, dafs man aus diesen Versuchen etwas anderes folgern darf, als dafs der Parallelismus der Endflächen, wenn die Toise auf eine Ebene gelegt und dadurch vollkommen gerade geworden ist, nirgends einen $0,^t001$ übersteigenden Fehler hat.

11.

Die Schwingungsweiten beider Pendel sind auf einer Scale gemessen, welche eine in halbe Linien getheilte gerade Linie, und 1276,5 Lin. von dem Aufhängepunkte des langen Pendels, 412,5 Lin. von dem des kurzen entfernt ist. Die Entfernung der Grenzen der Bewegung der Pendel, auf dieser Scale, in Pariser Linien gemessen, ist in der mit dem Buchstaben μ überschriebenen Columnne der Original-Beobachtungen angegeben.

Indessen darf, bei der Berechnung des Einflusses der Gröfse der Schwingungen auf die Zeit derselben, nicht unberücksichtigt bleiben, dafs die Scale sich nicht in der Schwingungsebene des Pendels, sondern 18 Linien hinter derselben befindet, woraus folgt, dafs man die Weiten gröfser sieht als sie wirklich sind. Bei dem langen Pendel wurde μ mit einem Fernrohre beobachtet, welches 18 Fufs = 2592 Lin. von der Scale entfernt und etwas seitwärts gestellt war, so dafs man damit neben dem Uhrpendel vorbeisehen konnte; die wahre Schwingungsweite ist daher

$$= \mu \cdot \frac{2574}{2592} = \frac{143}{144} \cdot \mu$$

wodurch man die gröfste Entfernung des Pendels von der Lothlinie (u') aus der Formel

$$\text{tang. } u' = \frac{143 \cdot \mu}{2 \cdot 144 \cdot 1276,5} = \frac{143 \cdot \mu}{367632}$$

erhält. Drückt man die Schwingungszeit durch diese Tangente aus, so erhält man sie

$$= t \left\{ 1 + \frac{1}{16} \operatorname{tgt} u'^2 - \frac{37}{1024} \operatorname{tgt} u'^4 + \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

oder, da bei meinen Versuchen, nur das vom Quadrate abhängige Glied merklich ist

$$= t \{ 1 + \alpha \cdot \mu \mu \}$$

wo $\alpha = \left(\frac{143}{1470523} \right)^2$ und $\log. \alpha = 1,97574 - 10$ ist.

Bei dem kurzen Pendel lagen die Grenzen der Schwingungen noch in dem Raume, welchen man durch das, zwischen dem Apparate und der Uhr befindliche Objectiv übersehen konnte, und wurden daher durch dasselbe Fernrohr beobachtet, welches die Coincidenzen angab. Hierbei ist der Einfluss der Entfernung der Scale vom Pendelfaden weit größer, und es fand sich, durch eine zweite Scale, welche in die Ebene der Bewegung gebracht wurde, dafs 10 Lin. derselben, 11 Lin. der entfernteren deckten. Man hat also für das kurze Pendel, die wahre Schwingungsweite

$$= \frac{10}{11} \mu$$

ferner

$$\operatorname{tang} u' = \frac{10 \cdot \mu}{2 \cdot 11 \cdot 412,5} = \frac{2\mu}{1815}$$

und die Schwingungszeit

$$= t \{ 1 + \alpha \mu \mu \}$$

wo $\alpha = \frac{1}{(3630)^2}$, $\log. \alpha = 2,88018 - 10$ ist.

12.

Nachdem ich alle Einrichtungen und Umstände, deren Kenntnifs nöthig zu sein scheint, angezeigt habe, werde ich jetzt die Art der Berechnung der Versuche angeben; zuerst wie die Dauer einer Schwingung, in Secunden der Uhr P bestimmt wurde.

Ich fange mit dem langen Pendel an. Im 5^{ten} Art. ist die Beobachtungsart schon beschrieben, und es ist dort angeführt, wie mehrere einzelne Beobachtungen zu 9 arithmetischen Mitteln vereinigt worden sind, deren jedes etwa 500 Schwingungen von dem vorhergehenden oder folgenden ent-

fernt ist, Diese Mittel wurden zuerst auf runde Zahlen von Schwingungen immer genau um 500 von einander verschieden, reducirt, wobei die Dauer einer Schwingung so angenommen wurde, wie sie aus der Vergleichung des ersten und letzten Mittels folgt; man findet die Resultate dieser Reduction, unter der Aufschrift „Reducirte Mittel der Beobachtungen“ angeführt, und ich habe dabei nur zu erinnern, daß die Annahme gleichzeitiger Schwingungen bei der Reduction auf die runden Zahlen, keinen merklichen Fehler erzeugt, wenn auch, der Strenge nach, die früheren Schwingungen, wegen der gröfseren Winkel, etwas länger dauern als die späteren. Die bei diesen reducirten Mitteln angegebenen Schwingungsweiten und Temperaturen sind nicht unmittelbar beobachtet, indem in derselben Zeit, für welche diese Angaben gelten, die Coincidenzen wahrgenommen werden mußten; allein sie sind immer aus zwei Beobachtungen am Anfange und am Ende dieser Coincidenzen interpolirt, und dadurch noch etwas genauer geworden als eine einzelne sie gegeben haben würde. Durch diese Werthe von μ , l' und l''' wurden, nach den Formeln des 7^{ten} und 11^{ten} Art., der Unterschied y der Dauer einer Schwingung von der für $u'=0$ und die mittlere Temperatur der Messung der Länge des Pendels $=L$ stattfindenden, diese letztere als Einheit angenommen, nämlich

$$y = \alpha \mu \mu + 0,000005919 \left(\frac{l' + l'''}{2} - L \right)$$

für jedes der 9 Momente berechnet. Der Einfluß dieses Unterschiedes auf jedes der 8 Intervalle $= \int y dt = Y$, wurde durch mechanische Quadratur bestimmt, wobei aber die zweiten und folgenden Differenzen die letzte in die Rechnung aufgenommene Decimale oft nicht mehr ändern, so daß dann Y geradezu dem Produkte der Zwischenzeit in die halbe Summe der Werthe von y , für den Anfang und das Ende des Intervalls, gleich wird.

Wenn daher t die Dauer einer Schwingung des Pendels, für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel und die mittlere Temperatur der beiden Messungen der Länge bezeichnet, Y , Y' , Y'' , u. s. w. . . die Werthe von $\int y dt$ für die verschiedenen Intervalle, so sind die Ausdrücke der Zwischenzeiten

$$\begin{aligned} &500 t + Y \\ &500 t + Y' \\ &500 t + Y'' \\ &\text{u. s. w.} \end{aligned}$$

oder, wenn der Bequemlichkeit wegen, $500t = h + x$ gesetzt wird, wo h ein genäherter Werth von $500t$, also x eine kleine, durch die Beobachtungen zu bestimmende Verbesserung ist,

$$h + Y + x$$

$$h + Y' + x$$

$$h + Y'' + x$$

u. s. w.

Bezeichnet man ferner durch T die Uhrzeit des ersten Moments, und durch z ihren Beobachtungsfehler, so hat man, wenn man zuerst $h + Y + x$ zu $T + z$, dann $h + Y' + x$ zu der Summe, u. s. w. addirt, die Ausdrücke der Uhrzeiten der 9 beobachteten Momente, und wenn man die wirklich beobachteten davon abzieht, die 9 Gleichungen

$$\begin{aligned} 0 &= z \\ 0 &= n^{(1)} + z + x \\ 0 &= n^{(2)} + z + 2x \\ &\dots\dots\dots \\ 0 &= n^{(9)} + z + 8x \end{aligned}$$

deren Auflösung, nach der Methode der kleinsten Quadrate,

$$x = -\frac{1}{60} \{4n^{(8)} + 3(n^{(7)} - n^{(1)}) + 2(n^{(6)} - n^{(2)}) + n^{(5)} - n^{(3)}\}$$

$$z = -\frac{1}{9} \{n^{(1)} + n^{(2)} + \dots + n^{(8)}\} - 4x$$

ergiebt. Die Substitution der gefundenen Werthe von x und z in die Ausdrücke der 9 Zeiten, giebt die Zahlen, welche in der „Rechnung“ überschriebenen Columnne der Versuche vorkommen, und die Vergleichung derselben mit den beobachteten, die am vortheilhaftesten vertheilten Fehler: Ich erinnere noch, daß man die angewandten Werthe von Y, Y', Y'', \dots , welche ich besonders anzuführen für unnöthig hielt, leicht aus der „Rechnung“ überschriebenen Columnne herausbringt, wenn man von den Zwischenzeiten, welche sie giebt, $500t$ abzieht.

Für das kurze Pendel habe ich die Rechnung in derselben Form geführt; nur enthalten hier die Intervalle die zwischen zwei unmittelbar beobachteten Coincidenzen liegende Anzahl der Schwingungen, also eine Zahl, welche, theils wegen der Beobachtungsfehler, theils wegen der abnehmenden

Schwingungswinkel, nicht ganz gleich bleibt. Dieses macht indessen keine Änderung in der Art die Rechnung zu führen, wenn man nur die Aufmerksamkeit anwendet, den Näherungswerth der Schwingungszeit, mit welchem man die oben durch h bezeichnete Gröfse berechnet, dem endlichen Resultate so nahe anzunehmen, dafs die, der Schärfe nach, für alle Intervalle nicht ganz gleichen Werthe von x , nicht mehr um solche Gröfsen verschieden sind, bis auf welche die Rechnung richtig geführt werden soll. Da bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel 11 Momente vorkommen, so sind die Formeln,

$$x = -\frac{1}{230} \{5 \cdot n^{(10)} + 4(n^{(9)} - n^{(1)}) + 3(n^{(8)} - n^{(2)}) + 2(n^{(7)} - n^{(3)}) + n^{(6)} - n^{(4)}\}$$

$$z = -\frac{1}{11} \{n^{(1)} + n^{(2)} + \dots + n^{(10)}\} - 5x$$

anzuwenden.

Diese Vorschriften beziehen sich auf die mit der Kugel von Messing gemachten Versuche. Bei der Anwendung der Kugel von Elfenbein, nahmen aber die Schwingungswinkel so schnell ab, dafs mit dem langen Pendel nur 3, mit dem kurzen nur 5 Momente beobachtet werden konnten. Für jenes hat man daher

$$x = -\frac{1}{2} n^{(2)}$$

$$z = -\frac{1}{3} (n^{(1)} + n^{(2)}) - x$$

für dieses

$$x = -\frac{1}{10} \{2n^{(4)} + n^{(3)} - n^{(1)}\}$$

$$z = -\frac{1}{5} \{n^{(1)} + n^{(2)} + n^{(3)} + n^{(4)}\} - 2x$$

Allgemein ist für $m + 1$ Momente:

$$x = -\frac{6}{m \cdot m + 1 \cdot m + 2} \{m \cdot n^{(m)} + (m - 2)(n^{(m-1)} - n^{(1)}) + (m - 1)(n^{(m-2)} - n^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots\}$$

$$z = -\frac{1}{m + 1} \{n^{(1)} + n^{(2)} + \dots + n^{(m)}\} - \frac{m}{2} x.$$

13.

Die auf diese Art gefundenen, und, der Vorschrift im 6^{ten} Art. gemäß, in mittlerer Zeit ausgedrückten Schwingungszeiten der Pendel, müssen von dem Einflusse befreit werden, welchen die Luft darauf äufsert. Wenn man die Masse eines, in einer Flüssigkeit sich bewegenden Körpers durch m , die Masse der durch denselben aus dem Wege gedrängten Flüssigkeit durch m' bezeichnet, so hat man die beschleunigende Kraft, welche der Körper erfährt, seit Newton,

$$= \frac{m - m'}{m}$$

angenommen, und dieser Annahme gemäß auch die Pendelversuche reducirt.

Diese Annahme gründet sich darauf, daß man die bewegende Kraft welche der Körper erfährt, und welche $= m - m'$ ist, auf die im Körper befindliche Masse m vertheilt hat. Sie muß aber nicht nur auf diese, sondern auf alle Massentheile welche mit dem Körper in Bewegung gesetzt werden, also auch auf die bewegten Theile der Flüssigkeit, vertheilt werden, wodurch der Nenner der Formel, welche die beschleunigende Kraft ausdrückt, nothwendig größer wird als m .

Ich werde die Drehung eines Körpers um eine horizontale Axe betrachten, und die Entfernung seines Schwerpunkts von derselben, durch s bezeichnen; seine Masse durch m ; die Summe aller Massentheile in das Quadrat ihrer Entfernung von der Axe multiplicirt durch m ($\mu + ss$), wo also $m\mu$ das Moment der Trägheit für den Schwerpunkt ist; den Winkel der durch die Drehungsaxe und den Schwerpunkt gelegten Ebene mit der Lothlinie durch u ; die Länge des einfachen Secundenpendels durch λ . Nach diesen Bezeichnungen hat man bekanntlich, durch den Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft, die Differentialgleichung der Bewegung im leeren Raume:

$$c = m (\mu + ss) \left(\frac{du}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda . ms . \text{Cos } u$$

Bewegt sich aber der Körper in einer Flüssigkeit, so gehört auch diese zum bewegten Systeme, und es ist einleuchtend, daß alle drei Glieder der Gleichung dadurch Veränderungen erfahren. Zuerst bewirkt der Stofs des Körpers gegen immer andere Theile der Flüssigkeit, in jedem Punkte des

Raums durch welchen der Körper sich bewegt, einen Verlust an lebendiger Kraft des ganzen Systems, also eine Verminderung von c , welche von der Geschwindigkeit und der äußeren Figur des Körpers abhängt und welche ich durch $\phi \left(\frac{du}{dt} \right)$ andeuten werde; während des Zeittheilchens dt aber bewegt sich der Körper um du , wodurch die Verminderung von c , in diesem Zeittheilchen $= du \phi \left(\frac{du}{dt} \right)$ wird, also c selbst, nach einer endlichen Zeit, sich in $c - \int du \phi \left(\frac{du}{dt} \right)$ verwandelt. Ferner kommt zum zweiten Gliede der Gleichung die Summe aller Theilchen der Flüssigkeit, jedes mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit multiplicirt, oder $\int v v dm'$ hinzu. Endlich wird dem dritten Gliede die Summe der Producte des auf jeden Punkt der Oberfläche wirkenden, nach der Richtung der Schwere zerlegten Drucks, in die Entfernung von der durch die Drehungsaxe gelegten horizontalen Ebene und in $2\pi^2 \lambda$ multiplicirt, hinzugefügt; von dieser Summe kann man leicht zeigen, daß sie $= 2\pi^2 \lambda \cdot m' s' \text{Cos } u$ ist, wo s' die Entfernung des Schwerpunkts der äußeren Figur des Körpers von der Axe und m' die aus dem Wege gedrängte Flüssigkeit bezeichnet. Liegen die Schwerpunkte der Masse und der Figur des Körpers und die Drehungsaxe, in einer Ebene, welches ich der Kürze wegen annehmen werde, indem der entgegengesetzte Fall sich leicht darauf reduciren läßt, so vereinigen sich das letzte Glied und das was die Flüssigkeit ihm hinzusetzt, und man erhält die Differentialgleichung der Bewegung des Körpers in der Flüssigkeit:

$$c - \int du \phi \left(\frac{du}{dt} \right) = m \{ \mu + s s \} \left(\frac{du}{dt} \right)^2 + \int v v dm' - 2\pi^2 \lambda (ms - m's') \text{Cos } u.$$

Bisher hat man nur die von der Flüssigkeit herrührenden Theile des ersten und letzten Gliedes dieser Gleichung in Rechnung gebracht. Jener erzeugt den Widerstand, von welchem gezeigt worden ist, daß er auf die Schwingungszeit keinen Einfluß hat, sondern nur den Winkel verkleinert. Im letzten Gliede aber hat man bisher $s = s'$ gesetzt, obgleich dieses nur dann erlaubt ist, wenn das Pendel aus homogenen Theilen besteht. Der richtige Ausdruck von $ms - m's'$ ist aber, wenn $M, M', M'' \dots$ die Massen der einzelnen Theile, $\delta, \delta', \delta'' \dots$ ihre specifischen Schwere, $S, S', S'' \dots$ die Entfernungen ihrer Schwerpunkte von der Axe, Δ die specifische Schwere der Flüssigkeit bezeichnen,

$$ms \left\{ 1 - \frac{\frac{MS}{\delta} + \frac{M'S'}{\delta'} + \frac{M''S''}{\delta''} + \text{u. s. w.} \dots}{MS + M'S' + M''S'' + \text{u. s. w.} \dots} \cdot \Delta \right\}$$

Das was dem zweiten Gliede hinzugefügt werden muß, ist allgemein vernachlässigt worden.

Die vollständige Theorie der Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit, setzt die über die ganze Masse derselben ausgedehnte Integration von $v v dm'$ voraus, welche man aber bekanntlich nicht erhalten kann, indem sie auf die allgemeine Schwierigkeit zurückkömmt, welche die Fortschritte der Hydrodynamik gehemmt hat. Wenn man voraussetzen wollte, daß jedes Theilchen der Flüssigkeit nur so lange in Bewegung ist als der schwingende Körper, so daß es seine Bewegung augenblicklich verliert, wenn dieser in Ruhe versetzt wird, so würde die Geschwindigkeit offenbar der des Körpers proportional, übrigens aber von der Figur des Körpers und dem Orte des Theilchens abhängig sein: in diesem Falle erhalte man also

$$\int v v dm' = m' K \left(\frac{du}{dt} \right)^2$$

wo K eine beständige Gröfse ist, und die Schwingungszeit würde man durch Integration der Gleichung

$$c = m \left\{ \mu + ss + \frac{m'}{m} K \right\} \left(\frac{du}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda (ms - m's') \text{Cos } u$$

erhalten, oder das Pendel würde sich bewegen wie ein einfaches, dessen Länge

$$= \frac{\mu + ss + \frac{m'}{m} K}{s - \frac{m'}{m} s'}$$

ist; der bisher vernachlässigte Theil würde also nur das Moment der Trägheit vermehren.

Obgleich diese Annahme der wirklichen Bewegung der Flüssigkeit, selbst für kleine Geschwindigkeiten, wahrscheinlich nicht entspricht, so kann man dasselbe Resultat welches sie gegeben hat, doch durch eine Voraussetzung über die Form des Integrals $\int v v dm'$ erhalten, welche so allgemein ist, daß man das Resultat nicht mehr als hypothetisch betrachten darf. Von welcher Beschaffenheit nämlich auch dieses Integral sein mag, so läßt

sich immer annehmen, daß der Werth welchen es allgemein zur Zeit t hat, nach der Vollendung zweier Schwingungen, wenn Ort und Bewegung des Pendels wieder dieselben geworden sind, wiederkehrt; dieses muß dann stattfinden, wenn die Umstände der anfänglichen Bewegung, durch die Widerstände verschwunden sind und Alles in den Beharrungszustand gekommen ist. Ist nun die Schwingungszeit diejenige, in welcher der Winkel nt um 180° wächst, wo n eine Constante, so hat das Quadrat der Geschwindigkeit der Flüssigkeit in jedem Punkte des Raums, einen Ausdruck welcher seinen Werth wiedererlangt wenn nt um 360° wächst; ich werde ihn durch

$$u'u'nn \{a^{(0)} + a^{(1)} \cos (nt + A^{(1)}) + a^{(2)} \cos (2nt + A^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots\}$$

bezeichnen, wo u' den Schwingungswinkel des Pendels bedeutet, und $a^{(0)}$, $a^{(1)}$, \dots , $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, \dots im Falle der Proportionalität der Oscillationen der Flüssigkeit und des Pendels, beständige Größen, im entgegengesetzten Falle von u' abhängig sein werden. Das über den ganzen, durch die Flüssigkeit gefüllten Raum ausgedehnte Integral $\int v v dm'$, muß also die Form

$$m' u' u' n n \{b^{(0)} + b^{(1)} \cos (nt + B^{(1)}) + b^{(2)} \cos (2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots\}$$

annehmen, wo $b^{(0)}$, $b^{(1)}$, $b^{(2)}$, \dots , $B^{(1)}$, $B^{(2)}$, \dots von der Figur des Körpers, und, allgemein zu reden, auch von dem Schwingungswinkel abhängen. Wenn aber der schwingende Körper von beiden Seiten gleichförmig ist, so daß er, bei der Bewegung nach beiden Seiten, der Flüssigkeit eine gleiche Oberfläche darbietet, so muß $\int v v dm'$ auch nachdem nt um 180° gewachsen ist, denselben Werth wiedererlangen, und hierdurch wird man den gegebenen Ausdruck abkürzen können, indem diese Bedingung, durch die Construction des Pendels, immer erreicht werden kann. In diesem Falle müssen nämlich die von nt , $3nt$, $5nt$, u. s. w. \dots abhängigen Glieder verschwinden, weshalb der Ausdruck:

$$\int v v dm' = m' u' u' n n \{b^{(0)} + b^{(2)} \cos (2nt + B^{(2)}) + b^{(4)} \cos (4nt + B^{(4)}) + \text{u. s. w.}\}$$

übrig bleibt.

Die Einwirkung dieses Ausdrucks auf die Bewegung des Pendels, habe ich in der VI^{ten} Beilage untersucht, und gefunden, daß sie, im Falle $\frac{m'}{m}$ eine kleine Größe ist, deren Quadrat u. s. w. man vernachlässigen darf, auf die Ausdehnung der Schwingungen keinen Einfluß hat, aber die Länge

des einfachen Pendels, welches mit dem sich in der Flüssigkeit bewegenden, zusammengesetzten, gleichzeitig schwingt,

$$= \frac{\mu + ss + \frac{2m'}{m} \{b^{(2)} \text{Cos } B^{(2)} - 2b^{(4)} \text{Cos } B^{(4)} + 3b^{(6)} \text{Cos } B^{(6)} - \text{etc...}\}}{s \left\{1 - \frac{m's'}{ms}\right\}} = \frac{\mu + ss + \frac{m'}{m} K}{s \left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)}$$

ergiebt.

Ob die Gröfse K welche hier zum Momente der Trägheit des Pendels hinzugekommen, constant oder mit den Schwingungswinkeln veränderlich ist, hängt davon ab, ob die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln proportional ist oder nicht. Die Beobachtungen müssen darüber entscheiden; sie werden zeigen dafs der Einfluss der Luft constant ist, wenn Reihen von Coincidenzen, welche bei gröfseren Schwingungswinkeln anfangen und bei kleineren enden, sich durch die gewöhnliche Reduction auf unendlich kleine Winkel vollständig darstellen lassen. Man wird weiter unten sehen, dafs dieses wenigstens mit starker Annäherung der Fall ist.

Für ein Pendel welches an einem Faden aufgehängt, und dessen Masse in einem kleinen Raume vereinigt ist, kann die Ausdehnung der Bewegung aller Theile $= su'$ angenommen werden; im Falle der Proportionalität enthalten die Coefficienten $b^{(2)}, b^{(4)} \dots$ dann den Factor ss , welcher für ein solches Pendel weit gröfser ist als μ , so dafs das Verhältnifs $ss : ss + \mu$ sehr nahe $= 1$ ist. Dadurch wird die Einwirkung der Flüssigkeit von der Länge des Pendels unabhängig, oder es hat das, im Ausdrücke des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, welchen ich nun durch

$$\frac{\mu + ss}{s - \frac{m'}{m} s} \left(1 + \frac{m'}{m} k\right)$$

bezeichnen werde, vorkommende k , für verschiedene Längen sehr nahe einen gleichen Werth.

14.

Dieses k hat man bisher als verschwindend angenommen, allein es geht aus der gegebenen Darstellung hervor, dafs kein Grund dazu vorhanden ist; da die Gröfse dieses Coefficienten unbekannt ist, so kann man nur

durch Versuche, welche auf seine Erfindung gerichtet sind, entscheiden, wie groß sein Einfluss auf das Resultat der Pendelversuche ist.

Das sich am ersten darbietende Mittel, aus den Versuchen richtige Resultate zu erhalten, wäre vielleicht, das Pendel im leeren Raume schwingen zu lassen; allein ich fürchte, daß dieses Schwierigkeiten haben würde, welche Zweifel anderer Art erzeugen könnten. Ein zweites Mittel ist, zwei Pendel schwingen zu lassen, welche ihrer Figur nach gleich, aber ihrer Masse nach sehr verschieden sind. In diesem Falle wird, da der Coefficient k für beide gleich ist, die Reduction auf den leeren Raum, welche der Masse umgekehrt proportional ist, sehr verschieden sein, und man wird sie aus beiden Versuchsreihen eliminiren können.

Dieses Mittel habe ich angewandt, indem ich, aufser der Kugel von Messing, eine von Elfenbein von gleicher Größe schwingen liefs, welche 4,6 Mal so leicht ist, und daher dem Coefficienten k eine bedeutend größere Einwirkung auf das Resultat giebt.

Der Berechnung der Versuche mit beiden Kugeln, habe ich die Form gegeben, welche die vollständigste Übersicht über das Verhalten der einzelnen gegeneinander, gewährt. Wenn die in mittleren Secunden ausgedrückte, beobachtete Schwingungszeit für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel t genannt wird, die Länge des einfachen Secundenpendels λ , so ist die Länge des einfachen Pendels welches in derselben Zeit schwingen würde,

$$l = \lambda t t;$$

hätte man aber die Beobachtungen im leeren Raume gemacht, so würde man eine kleinere Länge gefunden haben, nämlich

$$l' = \lambda t t \cdot \frac{1 - \frac{m'}{m} \frac{s'}{s}}{1 + \frac{m'}{m} k}.$$

Die Länge des Pendels ist aber, von der im 8^{ten} Art. durch F bezeichneten, unbekanntem Entfernung abhängig gemessen; sie ist nämlich für das lange Pendel gleich der Summe der Längen dieses F und der Toise, beide für die Temperatur des Versuchs genommen, um die Wirkung der Elasticität des Fadens vermehrt und um die Angabe der Mikrometerschraube vermindert; für das kurze gleich der Summe derselben Quantitäten mit Ausschluss der

Toise; ich bezeichne beide durch $F + h$ und $F + h'$. Fügt man dieser Länge die Reduction des zusammengesetzten Pendels auf das einfache $= c$ hinzu, so erhält man

$$F + h + c,$$

welches dieselbe, aber noch von den unbekanntem λ und k abhängige einfache Pendellänge l ist, welche die Schwingungszeit ergeben hat. Man hat also

$$F + h + c = \lambda t t' \cdot \frac{1 - \frac{m' s'}{m s}}{1 + \frac{m'}{m} k};$$

oder, wenn man, um mit kleineren unbekanntem Größen zu rechnen, $\lambda = 410,1 s_1 + \epsilon$ setzt,

$$F = 410,1 s_1 t t' - h - c + 410,1 s_1 t t' \cdot \epsilon \left(1 - \frac{m' s'}{m s}\right) - 410,1 s_1 t t' \cdot \frac{m' s'}{m s} - (F + h + c) \frac{m'}{m} k$$

Aus den Beobachtungen mit dem kurzen Pendel erhält man einen ähnlichen Ausdruck für F , und aus der Vergleichung beider ϵ abhängig von k . Allein bei den Versuchen mit der Kugel von Messing ist der Einfluss von k auf die Länge des einfachen Sekundenpendels, $410,1 s_1 + \epsilon$, weit kleiner, als bei denen mit der Kugel von Elfenbein; die aus beiden gefundenen Werthe von ϵ werden also k mit Vortheil ergeben, und man wird dadurch das Endresultat frei von diesem unbekanntem Coefficienten erhalten.

Die in den eben angeführten Formeln vorkommenden Coefficienten von $\frac{m'}{m} k$, welche übrigens nur näherungsweise bekannt sein dürften, finden sich aus der Verbindung zweier Beobachtungen, mit beiden Pendeln, unabhängig von der Einwirkung der Luft; nämlich

$$F + h + c = \frac{(h + c - h' - c')}{u - t' t'} \cdot u; \quad F + h' + c' = \frac{(h + c - h' - c')}{u - t' t'} \cdot t' t'.$$

Ich muß nun noch anführen, welche Bestimmungen der Berechnung von $\frac{m'}{m}$ zum Grunde gelegt worden sind.

15.

Die Dichtigkeit der Luft welche ich angewandt habe, gründet sich auf die schönen Versuche der Herren Biot und Arago, welche fanden, daß Quecksilber 10475,6 Mal schwerer ist als atmosphärische Luft bei dem

Barometerstande = $0,76$ und der Temperatur des schmelzenden Eises. Brisson fand Quecksilber $13,59995$ Mal schwerer als Wasser, beide in der Temperatur des Eispunkts angenommen (*). Endlich fand Hällström (**) die Dichte des Wassers für den Eispunkt = $0,9997143$, die des dichtesten = 1 gesetzt. Hieraus folgt, dafs das dichteste Wasser $770,488$ Mal schwerer ist als Luft bei $0,76$ Barometerhöhe und der Temperatur des schmelzenden Eises; oder, die Dichte der Luft im Allgemeinen, für die auf den Eispunkt reducirte Barometerhöhe b , und die Temperatur x ,

$$= \frac{1}{770,488} \cdot \frac{b}{0,76} \cdot \frac{1}{1 + x \cdot 0,00375}.$$

Da das Barometer der Sternwarte, dessen wegen der Capillarität und des Theilungsfehlers berichtigte Höhen, bei den Original-Beobachtungen angegeben sind, eine in Pariser Linien getheilte Scale besitzt, so ist, wenn β seine angegebene Höhe und τ seine Temperatur bezeichnen,

$$b = \frac{\beta \{1 + (\tau - 16,25) 0,000018782\}}{413,296 \cdot \left(1 + \frac{\tau}{5530}\right)}$$

und daher die Dichte der Luft am schwingenden Pendel, wo l' für x (Art. 7.) zu setzen ist,

$$\Delta' = \frac{\beta}{337,006 \cdot 770,488 (1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

Die specifische Schwere des Pendels mit der Kugel von Messing, habe ich, für die Temperatur des schmelzenden Eises, $8,18955$ Mal so groß gefunden als die des dichtesten Wassers; bei der Temperatur l' ist sie daher

$$\Delta = \frac{8,18955}{\{1 + l' \cdot 0,000018782\}^3}$$

Man erhält daher, da für dieses Pendel $1 - \frac{m's'}{ms}$ von $1 - \frac{m'}{m}$ nicht merklich verschieden ist,

$$\frac{m's'}{ms} = \frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\alpha \beta (1 + l' \cdot 0,0000564)}{(1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

(*) Hällström. *De pondere corporum specifico, ad normalem gradum caloris reducendo.* Aboae 1809. P. 9.

(**) Hällström. *Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae.* Aboae 1802

wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \cdot 770,488 \cdot 8,18955} ; \quad \log \alpha = 3,67234 - 10$$

ist.

Die specifische Schwere der Kugel von Elfenbein ist, in derselben Temperatur in welcher die Versuche damit gemacht sind, $= 1,78337$ gefunden worden; hier ist aber, wegen der Verschiedenheit der Materien aus welchen das Pendel besteht, $\frac{s'}{s}$ etwas von der Einheit verschieden, weshalb ich nach der im 13^{ten} Art. gegebenen Formel gerechnet, dabei die Massen und Schwerpunkte der einzelnen Theile der VII^{ten} Beilage gemäß angenommen, und die specifische Schwere der Theile von Messing $= 8,4$, des Fadens $= 7,6$ gesetzt habe. Auf diese Weise habe ich für das lange Pendel

$$\log \frac{m's'}{m s} = 9,74608 + \log \Delta'$$

für das kurze

$$\log \frac{m's'}{m s} = 9,74636 + \log \Delta'$$

erhalten. Setzt man für Δ' seinen Ausdruck durch die Angabe der meteorologischen Instrumente, so erhält man

$$\frac{m's'}{m s} = \frac{\alpha \beta}{(1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

wo der Logarithme von α für das lange Pendel $= 4,33168 - 10$, für das kurze $= 4,33196 - 10$ ist.

Der Werth von $\frac{m'}{m}$ im Coefficienten von k ist für die Pendel mit der Elfenbeinkugel, aus der specifischen Schwere der Kugel, mit Inbegriff der eingeschraubten Klemme von Messing, $= 1,79443$ berechnet worden. Er ist also

$$= \frac{\alpha \beta}{(1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

angenommen, wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \cdot 770,488 \cdot 1,79443} ; \quad \log \alpha = 4,33167 - 10$$

ist.

16.

Um den Unterschied der Längen der einfachen und der zusammengesetzten gleichzeitig schwingenden Pendel des Apparats berechnen zu können, ist eine genaue Kenntniß der Gewichte beider Fäden nothwendig,

weshalb ich nicht unbemerkt lassen zu dürfen glaube, daß ich die Abwiegungen derselben so vorsichtig als es mir möglich war, und durch verschiedene Verbindungen mit den übrigen kleinen Theilen der Pendel, gemacht habe, so daß ich sie bis auf ein Hunderttheil eines Grans für sicher halte. Obgleich ich aber auch bei dem Gewichte der Kugel die Hunderttheile des Grans angegeben habe, so ist dasselbe doch weniger sicher, vielleicht nur bis auf zwei bis drei Zehntel eines Grans, welche Unsicherheit aber auf die Reduction der Beobachtungen keinen merklichen Einfluß hat.

Die kleinen Körper womit die Pendel belastet sind, könnten geradezu als Punkte angenommen werden, und der Halbmesser der Kugel darf nur genähert bekannt sein, so weit als es nöthig ist um die Entfernung der Mittelpunkte der Figur und der Schwingung, mit der erforderlichen Genauigkeit berechnen zu können. Genauer als zu diesem Zwecke nothwendig, hat ihn die Abwägung der Kugeln in Luft und in Wasser gegeben, wodurch man das Gewicht des gleichen Raums Wasser erhält, aus welchem der Halbmesser der Kugeln abgeleitet werden kann, da der Raum welchen ein gegebenes Gewicht Wasser einnimmt, durch das Kilogramm bekannt ist. Die Momente der Trägheit der kleinen, an den Pendeln befindlichen Körper aber, habe ich aus ihren Figuren und Gewichten abgeleitet; sie sind genau genug, da man sie hätte ganz vernachlässigen können.

Diese Abwiegungen, so wie die Angabe aller, zur Berechnung der Reduction der zusammengesetzten auf die einfachen Pendel nöthigen Abmessungen, habe ich in der VII^{ten} Beilage mitgetheilt. Es geht aus derselben Beilage hervor, daß die Verbesserung der Pendellänge, welche aus der Drehung der Kugel um den Punkt wo sie an dem Faden befestigt ist, entsteht, und auf welche Laplace aufmerksam gemacht hat, für meinen Apparat nicht ganz unmerklich ist; sie wurde daher mit in Rechnung gebracht.

Die Berechnung des Einflusses der Zusammensetzung der Pendel setzt die Fäden als gleichförmig voraus. Soviel ich weiß ist bisher nicht näher untersucht worden, welchen Einfluß ihre Ungleichförmigkeit haben kann; ich habe daher diese Untersuchung in der VIII^{ten} Beilage gemacht und das Resultat erhalten, daß man die Ungleichheiten nicht fürchten darf, daß aber durch das Umkehren der Fäden, selbst wenn sie sehr ungleich wären, nichts erhebliches gewonnen werden würde.

17.

Nachdem, durch das Vorhergehende die Art wie die Beobachtungen gemacht und berechnet wurden, erläutert worden ist, werde ich die Versuche selbst näher angeben können.

Die erste Reihe von Versuchen wurde im April, Mai und Juni 1826 gemacht. Sie besteht aus acht von einander unabhängigen Bestimmungen, deren jede vier Versuche mit dem langen Pendel, und zwei mit dem kurzen enthält. Bei jeder dieser Bestimmungen, ist der 1^{te} Versuch (*a*) mit dem langen Pendel und rechts gewandten Fühlhebel, der 2^{te} (*b*) gleichfalls mit dem langen Pendel, umgekehrten Faden und links gewandten Fühlhebel gemacht; der 3^{te} und 4^{te} Versuch (*c*) und (*d*) sind mit dem kurzen Pendel, (*c*) mit rechts, (*d*) mit links gewandtem Fühlhebel angestellt, (*d*) mit umgekehrtem Faden; der 5^{te} und 6^{te} Versuch (*e*) und (*f*) endlich, sind wie (*a*) und (*b*) gemacht, mit dem Unterschiede, dafs der zwischen diesen umgekehrte Faden bei (*e*) umgekehrt blieb und erst bei (*f*) wieder in dieselbe Lage kam die er bei dem Versuche (*a*) hatte. Zwischen solchen sechs zusammen gehörigen Versuchen ist die obere Befestigung des Messingblättchens immer völlig ungeändert geblieben, so dafs bei allen genau dieselbe Stelle desselben den Abwickelungs-Cylinder berührte. Vor dem Anfange einer neuen Bestimmung aber habe ich das Messingblättchen, durch die Schraube am Aufhängungsrahmen, meistens etwas verkürzt oder verlängert. — Dafs zu einer vollständigen Messung der Höhe der Kugel, die Umwendung des Fühlhebels nothwendig ist, habe ich schon im 8^{ten} Art. bemerkt; ich habe aber vorgezogen, sie nicht bei jedem Versuche vorzunehmen, sondern dagegen zwei aufeinander folgende Versuche bei entgegengesetzten Wendungen zu machen. Der Grund hiervon ist, dafs das Umwenden nicht geschehen kann ohne das Gehäuse zu öffnen, wodurch eine Änderung der Temperatur hätte entstehen, und die Messungen unsicher machen können. Doch habe ich, durch mehrere, schnell nacheinander wiederholte Umwendungen, zwischen jedem der Paare *ab*, *cd*, *ef* der Versuche, den sehr kleinen Unterschied der Höhen, welchen der Fühlhebel in beiden Wendungen angab, der Wahrheit nahe bestimmt und durch die Hälfte davon, mit gehörigem Zeichen genommen, die einzelnen Versuche verbessert. Dieses hat auf

das Resultat jedes Paares der Versuche keinen Einfluss und ist nur geschehen, damit die Abweichung der einzelnen Versuche voneinander, unmittelbar vor Augen liegen sollte. Dabei dafs ich zwei Versuche mit dem langen Pendel, vor und nach zweien mit dem kurzen machte, beabsichtigte ich, der Voraussetzung der Unveränderlichkeit von F während einer Bestimmung, weniger Einfluss auf das Resultat einzuräumen. Dafs mit dem langen Pendel eine doppelt so große Anzahl von Versuchen gemacht ist, wie mit dem kurzen, hat seinen Grund in dem ungleichen Einflusse, welchen die Beobachtungsfehler auf die Bestimmung von F , bei beiden Pendeln äufsern.

Die Resultate dieser Reihe von Versuchen, deren Originale dieser Abhandlung beigelegt sind, sind folgende:

1^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5845 + 2,9604 \cdot \varepsilon - 0,2040 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0602 + 0,0683 \cdot k$
<i>b.</i>	$442,5855 + 2,9604 \cdot \varepsilon - 0,2028 \cdot k$		
<i>e.</i>	$442,5711 + 2,9605 \cdot \varepsilon - 0,2012 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,5886 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2007 \cdot k$		
Mittel	$442,5824 + 2,9605 \cdot \varepsilon - 0,2022 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4687 + 1,0011 \cdot \varepsilon - 0,0685 \cdot k$	}	
<i>d.</i>	$442,4601 + 1,0011 \cdot \varepsilon - 0,0680 \cdot k$		
Mittel	$442,4644 + 1,0011 \cdot \varepsilon - 0,0683 \cdot k$		

2^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5793 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,2052 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0582 + 0,0694 \cdot k$
<i>b.</i>	$442,5812 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,2050 \cdot k$		
<i>e.</i>	$442,5960 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,2062 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,5903 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,2059 \cdot k$		
Mittel	$442,5867 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,2056 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4740 + 1,0014 \cdot \varepsilon - 0,0697 \cdot k$	}	
<i>d.</i>	$442,4713 + 1,0014 \cdot \varepsilon - 0,0696 \cdot k$		
Mittel	$442,4727 + 1,0014 \cdot \varepsilon - 0,0696 \cdot k$		

3^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5912 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,2024 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0605 + 0,0674 \cdot k$
<i>b.</i>	$442,5945 + 2,9614 \cdot \varepsilon - 0,2013 \cdot k$		
<i>c.</i>	$442,5633 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1976 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,5784 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1966 \cdot k$		
Mittel	<hr/> $442,5818 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1995 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4676 + 1,0020 \cdot \varepsilon - 0,0678 \cdot k$		
<i>d.</i>	$442,4590 + 1,0020 \cdot \varepsilon - 0,0673 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0573 + 0,0669 \cdot k$
Mittel	<hr/> $442,4633 + 1,0020 \cdot \varepsilon - 0,0675 \cdot k$		

4^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5626 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1980 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0573 + 0,0669 \cdot k$
<i>b.</i>	$442,5635 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1975 \cdot k$		
<i>c.</i>	$442,5803 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1988 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,5759 + 2,9616 \cdot \varepsilon - 0,1982 \cdot k$		
Mittel	<hr/> $442,5706 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,1981 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4566 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0671 \cdot k$		
<i>d.</i>	$442,4603 + 1,0020 \cdot \varepsilon - 0,0671 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0600 + 0,0655 \cdot k$
Mittel	<hr/> $442,4584 + 1,0020 \cdot \varepsilon - 0,0671 \cdot k$		

5^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5687 + 2,9619 \cdot \varepsilon - 0,1925 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0600 + 0,0655 \cdot k$
<i>b.</i>	$442,5607 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1928 \cdot k$		
<i>c.</i>	$442,5809 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1950 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,5787 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1954 \cdot k$		
Mittel	<hr/> $442,5723 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1939 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4510 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0635 \cdot k$		
<i>d.</i>	$442,4584 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0659 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0656 \cdot k$
Mittel	<hr/> $442,4547 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0656 \cdot k$		

6^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5776 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1911 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,0583 + 0,0650 \cdot k$
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 442,5670 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,1911 \cdot k$		
<i>e.</i>	$\dots\dots\dots 442,5576 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1937 \cdot k$		
<i>f.</i>	$\dots\dots\dots 442,5752 + 2,9616 \cdot \varepsilon - 0,1957 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,5694 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1929 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4557 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0655 \cdot k$	}	
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 442,4544 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0657 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,4551 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0656 \cdot k$		

7^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5617 + 2,9616 \cdot \varepsilon - 0,1954 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,0570 + 0,0662 \cdot k$
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 442,5790 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1955 \cdot k$		
<i>e.</i>	$\dots\dots\dots 442,5732 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1953 \cdot k$		
<i>f.</i>	$\dots\dots\dots 442,5688 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1949 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,5707 + 2,9617 \cdot \varepsilon - 0,1953 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4563 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0655 \cdot k$	}	
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 442,4617 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0654 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,4590 + 1,0021 \cdot \varepsilon - 0,0655 \cdot k$		

8^{te} Bestimmung.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,5806 + 2,9614 \cdot \varepsilon - 0,1939 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,0611 + 0,0655 \cdot k$
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 442,5778 + 2,9611 \cdot \varepsilon - 0,1945 \cdot k$		
<i>c.</i>	$\dots\dots\dots 442,5713 + 2,9614 \cdot \varepsilon - 0,1928 \cdot k$		
<i>f.</i>	$\dots\dots\dots 442,5688 + 2,9614 \cdot \varepsilon - 0,1927 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,5746 + 2,9614 \cdot \varepsilon - 0,1935 \cdot k$		
Versuch <i>c.</i>	$F = 442,4579 + 1,0017 \cdot \varepsilon - 0,0655 \cdot k$	}	
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 442,4517 + 1,0017 \cdot \varepsilon - 0,0649 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,4548 + 1,0017 \cdot \varepsilon - 0,0652 \cdot k$		

18.

Dieser Reihe von Versuchen habe ich, im April 1827, eine zweite, von drei Bestimmungen, gleichfalls mit der Kugel von Messing, hinzugefügt. Die Absicht dabei war nicht sowohl die schon erlangte Genauigkeit des Resultats zu vermehren, als das gegenseitige Verhalten dreier verschiedenen Aufhängungsarten des Pendels kennen zu lernen.

Ich wünschte nämlich, zu erfahren, welchen Einfluss es auf den Mittelpunkt der Bewegung hat, wenn das Pendel, statt auf vorbeschriebene Art, durch Abwicklung von einem Cylinder zu schwingen, sich um eine Schneide, und an einem am oberen Ende festgeklemmten Faden bewegt. Da aber, aus dem Unterschiede der Längen beider Pendel des Apparats, worauf die Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels, nach der befolgten Methode, gegründet wird, die Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung verschwindet, so erlangen auch diese drei neuen Bestimmungen dasselbe Recht, zum Endresultate zu stimmen, welches die früheren haben.

Die Einrichtungen zu diesen vergleichenden Versuchen der verschiedenen Aufhängungsarten, deren Ausführung ich Herrn Repsold verdanke, ist folgende. Statt des Fig. 3. Taf. II. abgebildeten Abwickelungs-Cylinders, wird ein ähnlicher, welchen die 5^{te} Figur von der Seite und die 6^{te} von oben gesehen darstellt, unter dem Aufhängerahmen befestigt, so dass die durch die Axe desselben gehende Ebene, durch welche sein vorderes Ende ausgeschnitten ist, horizontal wird. Auf dieser Ebene ruhten sowohl der Abwickelungs-Cylinder, als die Schneide und die Klemme, mit welchen die Versuche von welchen hier die Rede ist, gemacht worden sind.

Der Abwickelungs-Cylinder selbst ist in der 7^{ten} Fig. dargestellt; er hat 0,2996 Durchmesser. Bei seinem Gebrauche liegt er auf der Ebene und wird, von dem durch das Gewicht der Pendelkugel angespannten Messingblättchen, für welches der in beiden Figuren 5 und 6 sichtbare Einschnitt der Ebene gemacht ist, an die beiden, über diese Ebene hervorragenden Schraubenköpfe angedrückt, wodurch er seine feste Lage erhält. Die Schneide ist Fig. 8. gezeichnet; Herr Repsold hat ihr, wie aus der Abbildung hervorgeht, die schöne Einrichtung gegeben, dass man, durch kleine Gegengewichte an zwei horizontalen Armen, ihren Schwerpunkt genau unter

den Aufhängepunkt bringen kann, so dafs sie vertikal hängt; das Gegengewicht am dritten, verticalen Arme dient, ihr eine beliebige Schwingungszeit zu geben; sie ist vom feinsten Stahl gemacht und ausgezeichnet schön angeschliffen. Die Klemme endlich, Fig. 9, besteht aus zwei Stahlstücken, welche durch zwei Schrauben zusammengeprefst werden und dann so genau schliessen, dafs man die Trennungslinie beider Stücke nicht sehen kann. Auch diese Klemme, in welcher ein Messingblättchen befestigt wird, liegt bei dem Gebrauch auf der horizontalen Ebene, und das Messingblättchen, woran das Pendel, auf dieselbe Art wie bei dem Gebrauche des Abwickelungs-Cylinders, befestigt wird, hat in dem Einschnitte der Ebene freien Spielraum.

Aus dieser Beschreibung der Einrichtung geht hervor, dafs die Aufhängepunkte der Pendel an der Schneide und Klemme gleich hoch, allein $0,^L 498$ niedriger sind als am Abwickelungs-Cylinder. Versuche mit den drei Pendeln mußten also zeigen, ob die Verschiedenheit der Aufhängungsarten, Einfluß auf den Mittelpunkt der Bewegung hatte. Damit dieses aus den Versuchen desto sicherer hervorgehen sollte, habe ich dieselben so angeordnet, dafs die drei Aufhängungsarten stets miteinander abwechselten, und auf diese Art die drei neuen Bestimmungen nicht eine nach der anderen, sondern alle gleichzeitig gemacht wurden. Die erste derselben, oder die 9^{te} nach fortgehender Zählung, ist mit der Schneide, die 10^{te} mit der Klemme, die 11^{te} mit dem Abwickelungs-Cylinder gemacht; jede enthält 6 Versuche, nämlich (*a*) mit dem langen Pendel, (*b*) mit dem kurzen und rechts gewandten Fühlhebel, (*c*) mit dem ersteren und links gewandten Fühlhebel; dann mit umgekehrten Fäden, (*d*) mit dem langen, (*e*) mit dem kurzen Pendel und links gewandten Fühlhebel, endlich (*f*) mit dem ersteren und wieder rechts stehenden Fühlhebel. Alle diese Versuche sind mit denselben Fäden gemacht; die näheren Angaben der einzelnen Theile der Pendel und die Berechnung ihrer Zusammensetzung, findet man in der VII^{ten} Beilage.

Die Beobachtungen in ihrer ursprünglichen Form, sind, so wie die früheren, dieser Abhandlung beigelegt. Ihre Resultate sind folgende:

9^{te} Bestimmung. Schneide.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,6485 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2024 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0592 + 0,0686 \cdot k$
<i>c.</i>	$442,6460 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2046 \cdot k$		
<i>d.</i>	$442,6534 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2056 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,6501 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,2010 \cdot k$		
Mittel	$442,6495 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2034 \cdot k$		
Versuch <i>b.</i>	$F = 442,5336 + 1,0012 \cdot \varepsilon - 0,0687 \cdot k$		
<i>e.</i>	$442,5334 + 1,0012 \cdot \varepsilon - 0,0692 \cdot k$		
Mittel	$442,5335 + 1,0012 \cdot \varepsilon - 0,0690 \cdot k$		

10^{te} Bestimmung. Klemme.

Versuch <i>a.</i>	$F = 442,6069 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,2022 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0604 + 0,0687 \cdot k$
<i>c.</i>	$442,6229 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,2015 \cdot k$		
<i>d.</i>	$442,6141 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,2071 \cdot k$		
<i>f.</i>	$442,6220 + 2,9610 \cdot \varepsilon - 0,2000 \cdot k$		
Mittel	$442,6165 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,2035 \cdot k$		
Versuch <i>b.</i>	$F = 442,4964 + 1,0012 \cdot \varepsilon - 0,0687 \cdot k$		
<i>e.</i>	$442,4998 + 1,0013 \cdot \varepsilon - 0,0689 \cdot k$		
Mittel	$442,4981 + 1,0013 \cdot \varepsilon - 0,0688 \cdot k$		

11^{te} Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

Versuch <i>a.</i>	$F = 443,1011 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,2036 \cdot k$	}	$\varepsilon = -0,0571 + 0,0692 \cdot k$
<i>c.</i>	$443,1058 + 2,9615 \cdot \varepsilon - 0,2055 \cdot k$		
<i>d.</i>	$443,1159 + 2,9616 \cdot \varepsilon - 0,2066 \cdot k$		
<i>f.</i>	$443,1133 + 2,9618 \cdot \varepsilon - 0,2007 \cdot k$		
Mittel	$443,1020 + 2,9616 \cdot \varepsilon - 0,2044 \cdot k$		
Versuch <i>b.</i>	$F = 442,9973 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0686 \cdot k$		
<i>e.</i>	$442,9971 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0686 \cdot k$		
Mittel	$442,9972 + 1,0022 \cdot \varepsilon - 0,0686 \cdot k$		

Da der Einfluss des noch unbekanntes Coefficienten k , auf alle drei Bestimmungen sehr nahe gleich ist, so kann man schon beurtheilen, dass sie im Endresultate, bis auf unerhebliche Kleinigkeiten, untereinander, und eben so mit den früheren acht, übereinstimmen. Die Werthe von F aber, welche sie ergeben, sind für

die Schneide	$442,4742 - 0,0003 \cdot k$
die Klemme	$442,4376$
den Abwickelungs-Cylinder	$442,9400 + 0,0007 \cdot k$

Zieht man von dem letzten Resultate den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders $= 0,498$ ab, so bleibt derjenige Werth von F übrig, welchen man erhalten haben würde, wenn die Axe des Abwickelungs-Cylinders sich in derselben Ebene befunden hätte, in welcher die beiden anderen Aufhängungspunkte lagen; er ist $= 442,4420$. Dass die beiden letzten, ziemlich nahe übereinstimmenden Werthe von F , von dem ersten verschieden sind, zeigt dass die Schneide den Mittelpunkt der Bewegung merklich höher ergiebt als die beiden anderen Aufhängungsarten. Eine weitere Erläuterung dieses Gegenstandes werde ich in dem zweiten Abschnitte geben; hier verweile ich nicht länger dabei, da sie auf das Resultat keinen Einfluss hat.

19.

Die dritte Reihe von Versuchen machte ich im November 1827, mit der Kugel von Elfenbein. Sie besteht aus vier Bestimmungen, bei deren jeder sowohl der Fühlhebel umgewandt, als auch die Fäden umgekehrt wurden. Bei den beiden ersten wurde das Pendel am Abwickelungs-Cylinder aufgehängt, bei den beiden letzten an der Schneide. Da diese Kugel weit weniger wiegt als die Kugel von Messing und beide dieselbe Grösse haben, so ist die Einwirkung des Widerstandes auf die Schwingungswinkel für dieselbe weit gröfser als für die letztere. Die Versuche mussten daher weit früher geschlossen werden, als die vorigen; dieses theils, weil bei dem langen Pendel, die Grenzen innerhalb welchen das Weisse durch den Coincidenz-Cylinder ganz verdeckt wird (Art. 5.), für kleine Schwingungen zu weit werden, theils aber auch weil es wesentlich war, alle Versuche mit

nahe gleichen Schwingungswinkeln anzufangen und zu endigen. Aus diesen Gründen umfassen die Versuche mit dem langen Pendel nur 1000 Schwingungen, die mit dem kurzen etwa 2500, welches letztere völlig hinreichend ist, jedem einzelnen Resultate alle wünschenswerthe Genauigkeit zu geben; bei dem langen Pendel ist dieses nicht so der Fall, allein es blieb nichts anders übrig als die Versuche zu wiederholen, um dadurch zu ersetzen was jedem einzelnen an Genauigkeit abgeht. Ferner muß ich bemerken, daß, um die Unsicherheit zu vermeiden, welche aus den Veränderungen des bekanntlich sehr hygroskopischen Elfenbeins, im Halbmesser der Kugel entstehen kann, stets zwei zusammengehörige Versuche unmittelbar nacheinander gemacht wurden, so daß auf einen Versuch mit dem langen Pendel, sogleich einer mit dem kurzen folgt. Die um die Zeit dieser Versuche sehr gleichförmige Temperatur der Sternwarte, begünstigte diese Anordnung, indem sie unnöthig machte, zwischen dem Öffnen des Gehäuses und den Versuchen, eine lange Zeit verstreichen zu lassen. Jede Bestimmung enthält also vier Versuche mit jedem Pendel, deren zusammengehörige ich durch gleiche Buchstaben $a a' b b', \dots$ bezeichnet habe. Wegen der Zusammensetzung der Pendel mit der Kugel von Elfenbein, verweise ich auf die VII^e Beilage. Die Resultate der vier damit gemachten Bestimmungen, sind folgende:

12^{te} Bestimmung. Abwickelungs - Cylinder.

Versuch a .	$F = 443,7139$	$+ 2,9607 \cdot \epsilon$	$- 0,9145 \cdot k$	}	$\epsilon = - 0,2867 + 0,3083 \cdot k$			
	$b \dots \dots \dots$	$443,6964$	$+ 2,9607 \cdot \epsilon$			$- 0,9113 \cdot k$		
	$c \dots \dots \dots$	$443,7078$	$+ 2,9605 \cdot \epsilon$			$- 0,9097 \cdot k$		
	$d \dots \dots \dots$	$443,7147$	$+ 2,9607 \cdot \epsilon$			$- 0,9131 \cdot k$		
Mittel	$\dots \dots \dots$	$443,7157$	$+ 2,9607 \cdot \epsilon$			$- 0,9122 \cdot k$		
Versuch a' .	$F = 443,1554$	$+ 1,0010 \cdot \epsilon$	$- 0,3088 \cdot k$			}	$\epsilon = - 0,2867 + 0,3083 \cdot k$	
	$b' \dots \dots \dots$	$443,1483$	$+ 1,0010 \cdot \epsilon$					$- 0,3079 \cdot k$
	$c' \dots \dots \dots$	$443,1567$	$+ 1,0011 \cdot \epsilon$					$- 0,3072 \cdot k$
	$d' \dots \dots \dots$	$443,1550$	$+ 1,0011 \cdot \epsilon$					$- 0,3085 \cdot k$
Mittel	$\dots \dots \dots$	$443,1539$	$+ 1,0011 \cdot \epsilon$	$- 0,3081 \cdot k$				

13^{te} Bestimmung. Abwickelungs - Cylinder.

Versuch <i>a.</i>	$F = 443,7347 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,9147 \cdot k$	}	
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 443,7236 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,9187 \cdot k$		
<i>c.</i>	$\dots\dots\dots 443,7208 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,9185 \cdot k$		
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 443,7304 + 2,9604 \cdot \varepsilon - 0,9191 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 443,7271 + 2,9606 \cdot \varepsilon - 0,9178 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,2932 + 0,3103 \cdot k$
Versuch <i>a'.</i>	$F = 443,1552 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3085 \cdot k$		
<i>b'.</i>	$\dots\dots\dots 443,1646 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3103 \cdot k$		
<i>c'.</i>	$\dots\dots\dots 443,1540 + 1,0013 \cdot \varepsilon - 0,3101 \cdot k$		
<i>d'.</i>	$\dots\dots\dots 443,1374 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3102 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 443,1528 + 1,0010 \cdot \varepsilon - 0,3098 \cdot k$		

14^{te} Bestimmung. Schneide.

Versuch <i>a.</i>	$F = 443,2804 + 2,9609 \cdot \varepsilon - 0,9357 \cdot k$	}	
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 443,2942 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,9478 \cdot k$		
<i>c.</i>	$\dots\dots\dots 443,2841 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,9477 \cdot k$		
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 443,3006 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,9360 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 443,2898 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,9418 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,2983 + 0,3182 \cdot k$
Versuch <i>a'.</i>	$F = 442,7105 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3168 \cdot k$		
<i>b'.</i>	$\dots\dots\dots 442,7126 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3202 \cdot k$		
<i>c'.</i>	$\dots\dots\dots 442,7058 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3199 \cdot k$		
<i>d'.</i>	$\dots\dots\dots 442,6915 + 1,0008 \cdot \varepsilon - 0,3158 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,7051 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3182 \cdot k$		

15^{te} Bestimmung. Schneide.

Versuch <i>a.</i>	$F = 443,2508 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,9320 \cdot k$	}	
<i>b.</i>	$\dots\dots\dots 443,2724 + 2,9607 \cdot \varepsilon - 0,9349 \cdot k$		
<i>c.</i>	$\dots\dots\dots 443,2730 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,9342 \cdot k$		
<i>d.</i>	$\dots\dots\dots 443,2921 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,9341 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 443,2721 + 2,9608 \cdot \varepsilon - 0,9331 \cdot k$	}	$\varepsilon = - 0,2875 + 0,3153 \cdot k$
Versuch <i>a'.</i>	$F = 442,7116 + 1,0010 \cdot \varepsilon - 0,3149 \cdot k$		
<i>b'.</i>	$\dots\dots\dots 442,7129 + 1,0008 \cdot \varepsilon - 0,3149 \cdot k$		
<i>c'.</i>	$\dots\dots\dots 442,7082 + 1,0008 \cdot \varepsilon - 0,3154 \cdot k$		
<i>d'.</i>	$\dots\dots\dots 442,7020 + 1,0008 \cdot \varepsilon - 0,3156 \cdot k$		
Mittel	$\dots\dots\dots 442,7087 + 1,0009 \cdot \varepsilon - 0,3152 \cdot k$		

Der Werth von F welchen diese vier Bestimmungen ergeben, ist für

den Abwickelungs-Cylinder $442,8631 + 0,0007 \cdot k$
 die Schneide $442,4109 + 0,0003 \cdot k$

Zwischen beiden ist der Unterschied $= 0,4522 + 0,0004 k$; die beiden Bestimmungen im 18^{ten} Art. ergaben denselben $= 0,4658 + 0,0010 k$. Es scheint nicht nothwendig zu sein, daß Versuche mit schwereren und leichteren Pendeln, bei welchen das Messingblättchen mit verschiedener Kraft an den Abwickelungs-Cylinder angedrückt wird, in dem Unterschiede der Mittelpunkte der Bewegung beider Aufhängungsarten, völlig übereinstimmen. Das leichtere Pendel mit der Kugel von Elfenbein, hat übrigens, so wie das schwerere, ergeben, daß der Mittelpunkt der Bewegung bei der Schneide höher liegt als bei dem Abwickelungs-Cylinder; hier ist der Unterschied $0,045$, bei dem anderen Pendel $0,032$ gefunden.

20.

Die in den drei letzten Artikeln mitgetheilten Resultate, sind aus den Beobachtungen unter der Voraussetzung berechnet, daß der durch k bezeichnete, von der Bewegung der Luft abhängige Coefficient, für alle Schwingungswinkel bei welchen beobachtet worden ist, denselben Werth besitzt. Ob dieses wirklich der Fall ist, erlaubt die, der Berechnung der Versuche gegebene Form, leicht zu prüfen. Man darf nur die mittleren Fehler in der „Rechnung“ überschriebenen Columne (Art. 12.), für jedes einzelne Moment der Versuche, durch die ganze Reihe derselben hindurch, aufsuchen, um dadurch sogleich beurtheilen zu können, ob nur zufällige Fehler, oder gesetzmäßig fortgehende Abweichungen der der Rechnung zum Grunde gelegten Formel von den Beobachtungen, vorhanden sind.

Diese mittleren Fehler aus allen ähnlichen Versuchen, findet man folgendermaßen:

1) 44 Versuche mit der Kugel von Messing und dem langen Pendel.

1^{tes} Moment $- 0,0010$
 2^{tes} ————— $- 0,0014$
 3^{tes} ————— $+ 0,0008$
 4^{tes} ————— $+ 0,0012$

5 ^{tes} Moment	+	0,0010
6 ^{tes} _____	+	0,0011
7 ^{tes} _____	+	0,0001
8 ^{tes} _____	-	0,0007
9 ^{tes} _____	-	0,0011

2) 22 Versuche mit der Kugel von Messing und dem kurzen Pendel.

1 ^{tes} Moment	+	0,0005
2 ^{tes} _____	+	0,0005
3 ^{tes} _____	-	0,0003
4 ^{tes} _____	-	0,0005
5 ^{tes} _____	-	0,0007
6 ^{tes} _____	-	0,0003
7 ^{tes} _____	+	0,0005
8 ^{tes} _____	+	0,0004
9 ^{tes} _____	-	0,0005
10 ^{tes} _____		0,0000
11 ^{tes} _____	+	0,0004

3) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem langen Pendel.

1 ^{tes} Moment	-	0,0015
2 ^{tes} _____	+	0,0030
3 ^{tes} _____	-	0,0015

4) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem kurzen Pendel.

1 ^{tes} Moment	-	0,0017
2 ^{tes} _____	+	0,0012
3 ^{tes} _____	+	0,0016
4 ^{tes} _____		0,0000
5 ^{tes} _____	-	0,0011

Man sieht hieraus dafs am Anfange und am Ende der Versuche kleine negative Abweichungen, in der Mitte ähnliche positive, vorherrschen, welche zwar weit kleiner sind als die möglichen Fehler der Coincidenzen, aber doch durch die Wiederholung der Versuche und durch ihren regelmässigen Gang,

ein gewisses Gewicht erlangen; selbst das entgegengesetzte Resultat der Versuche mit der Messingkugel am kurzen Pendel, schwächt die Annahme, daß die Abweichungen die angegebene Regel befolgen, nicht so sehr als es auf den ersten Blick scheint; denn bei den Versuchen mit dieser Kugel müssen sie, im Fall sie wirklich von der Luft herrühren, nur $\frac{2}{9}$ der Gröfse haben welche sie bei der Kugel von Elfenbein erreichen. Da überdieß die gröfseren Abweichungen bei den Versuchen mit der letzten Kugel vorkommen, so kann man annehmen, daß alle Beobachtungen zusammengenommen, einen kleinen Einfluß des Schwingungswinkels auf den Werth des Coefficienten k wahrscheinlich machen. Dieses angenommen, so folgt daraus, daß indem am Anfange die Schwingungszeit etwas kleiner, am Ende etwas gröfser beobachtet als berechnet ist, der Coefficient k mit abnehmenden Schwingungswinkeln zunimmt.

Um das Mittel der Beobachtungen vollständiger darzustellen, müfste man die Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel etwas ändern, wodurch man Schwingungszeiten für diese, gröfser herausbringen würde als sie berechnet worden sind. Allein es ist leicht zu übersehen, daß dieses auf das Endresultat keinen Einfluß haben kann: denn, da alle Versuche bei nahe gleichen Winkeln gemacht sind, und die Änderung für beide Kugeln in demselben Verhältnisse ist, in welchem die ihnen zukommenden Coefficienten von k sind, so muß sie, wenn man k selbst aus dem Resultate eliminiert, zugleich mit verschwinden. Die Resultate bedürfen daher keiner Verbesserung.

21.

Das arithmetische Mittel aus den 11 Bestimmungen mit der Kugel von Messing ist:

$$\varepsilon = - 0,^L 05903 + 0,^L 06731 \cdot k$$

aus den 4 Bestimmungen mit der Kugel von Elfenbein:

$$\varepsilon = - 0,^L 29143 + 0,^L 31303 \cdot k.$$

Aus der Vergleichung beider folgt:

$$k = 0,9459.$$

$$\varepsilon = + 0,^L 0047$$

oder die Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte:

440,8147 Linien.

Substituirt man den gefundenen Werth von k in die durch die einzelnen Bestimmungen gegebenen Bedingungsgleichungen, so erhält man, aus jeder derselben, die Länge des einfachen Secundenpendels:

Beobachtungen mit der Kugel von Messing.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
1 ^{te} Bestimmung	440, ^L 8144	— 0, ^L 0003	+ 5 ^o 88
2 ^{te}	817 1	+ 0, 0027	5, 06
3 ^{te}	8133	— 0, 0014	9, 00
4 ^{te}	8160	+ 0, 0013	11, 43
5 ^{te}	8120	— 0, 0027	18, 54
6 ^{te}	8132	— 0, 0015	19, 45
7 ^{te}	8156	+ 0, 0009	18, 20
8 ^{te}	8109	— 0, 0038	21, 88
9 ^{te}	8157	+ 0, 0010	5, 50
10 ^{te}	8146	— 0, 0001	6, 04
11 ^{te}	8184	+ 0, 0037	5, 94

Beobachtungen mit der Kugel von Elfenbein.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
12 ^{te} Bestimmung	440, ^L 8149	+ 0, ^L 0002	+ 5 ^o 00
13 ^{te}	8103	— 0, 0044	3, 83
14 ^{te}	8127	— 0, 0020	3, 12
15 ^{te}	8207	+ 0, 0060	4, 09

Die Höhe in welcher die Kugel des Pendels sich befand, ist einen Fufs über dem Fufsboden der Sternwarte, oder 67,2 Fufs = 11,2 Toisen über dem mittleren Wasserstande des Pregels, welches als die Höhe über der Fläche der Ostsee angesehen werden kann, da der Strom kein erhebliches Gefälle hat.

Die dieser Höhe zukommende Verminderung der Pendellänge ist $0,^t 0032$. Man hat daher die Länge des einfachen Secundenpendels auf die Oberfläche der Ostsee reducirt:

$$= 440,8179 \text{ Linien.}$$

22.

Über den wahrscheinlichen Fehler dieses Resultats wage ich keine Meinung zu äußern, indem man zwar wohl den Einfluss einzelner Fehlerursachen schätzen kann, allein dadurch selten ein richtiges Urtheil über das Resultat einer zusammengesetzten Operation erhält. Einzelne Ursachen werde ich etwas näher betrachten.

Der Einfluss der zufälligen Fehler der Vergleichen des Pendels mit der Uhr, ergibt, nach den im 5^{ten} Art. vorkommenden Angaben, den mittleren Fehler der aus jedem Versuche abgeleiteten Schwingungszeit:

$$\begin{array}{l} \text{Kugel von Messing} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \dots 0,^{\prime\prime} 00000111 \\ \text{kurzes} \text{ ———} \dots 0, 00000033 \end{array} \right. \\ \text{Kugel von Elfenbein} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \dots 0, 00000609 \\ \text{kurzes} \text{ ———} \dots 0, 00000105 \end{array} \right. \end{array}$$

Hieraus folgt der mittlere Fehler der Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

$$\begin{array}{l} \text{Kugel von Messing} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \dots 0,^t 00168 \\ \text{kurzes} \text{ ———} \dots 0, 00029 \end{array} \right. \\ \text{Kugel von Elfenbein} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \dots 0, 00923 \\ \text{kurzes} \text{ ———} \dots 0, 00093 \end{array} \right. \end{array}$$

und der mittlere Fehler des aus jeder Bestimmung abgeleiteten Werths von ϵ , für die Messingkugel $= 0,^t 00044$, für die Elfenbeinkugel $= 0,^t 00237$. Das mittlere Resultat der 11 ersten Bestimmungen hat also den mittleren Fehler $0,^t 00013$, das der vier letzten $0,^t 00119$; der aus dieser Ursache hervorgehende mittlere Fehler des Endresultats, nach der Elimination von k , ist $= 0,^t 00035$.

Der Einfluss der Fehler der Vergleichen der beiden Uhren ist schwer zu schätzen, weil die Abweichungen der beobachteten Coincidenzen derselben, nicht von den Beobachtungsfehlern allein, sondern auch von den Ungleichheiten im Gange der Uhren, namentlich der vor dem Pendelap-

parate aufgestellten herrühren. Dasselbe gilt von dem Einflusse der Fehler der astronomischen Beobachtungen auf den Gang der Hauptuhr. Allein es ist nicht wahrscheinlich, daß diese Ursachen im Endresultate, welches auf vielen von einander unabhängigen Zeitbestimmungen beruht, einen einigermaßen erheblichen Einfluß behalten haben; denn der mittlere Fehler jeder einzelnen ist, wenn er sich auch nicht bestimmt angeben läßt, ohne Zweifel sehr klein. Für noch kleiner, und sogar für ganz unmerklich halte ich den Einfluß der Fehler in der Messung der Höhenunterschiede der Kugel, indem diese sich wirklich mit bewundernswürdiger Genauigkeit ausführen läßt.

Dagegen glaube ich, daß man noch besser übereinstimmende Beobachtungen erhalten haben würde, wenn die vor dem Pendelapparate aufgestellte Uhr nicht oft, im Laufe eines Tages, ihren Gang merklich geändert hätte, so daß der Werth ihrer Pendelschläge, vorzüglich bei großer Wärme, in der Zwischenzeit weniger Stunden, um mehrere Einheiten der 6^{ten} Decimale variierte; denn man kann nicht annehmen, daß die befolgte Regel, die Bestimmung des Ganges dieser Uhr, für das Zeitmoment zu machen, auf welches die Mitte der Versuche fällt, den Einfluß der Unregelmäßigkeit ganz vernichtet hat. Den größten Einfluß hat aber vielleicht das, zuweilen starke, Zunehmen der Temperatur mit der Höhe, welches, durch die Annahme daß es den Höhenunterschieden selbst proportional sei, wahrscheinlich nicht ganz unschädlich geworden ist.

Indessen gehören alle diese Fehler zu den zufälligen, und ich glaube, daß die Beobachtungen oft genug wiederholt sind um sie ziemlich unschädlich zu machen. Constant wirkende Fehler welche nicht vermieden worden wären, sind mir unbekannt, außer der möglichen Unsicherheit in der angenommenen Wärme-Ausdehnung der Toise. Wenn man die Zusammenstellung der bei verschiedenen Temperaturen der Toise gemachten Bestimmungen, welche ich im vorigen Artikel gegeben habe, betrachtet, so sieht man, daß durch eine von der angewandten Borda'schen verschiedene Annahme der Ausdehnung, nämlich durch 0,00001167 statt 0,0000114 für jeden Centesimalgrad des Thermometers, die Fehler noch kleiner werden würden; allein auch dieses hat keinen erheblichen Einfluß auf das Endresultat, indem die mittlere Temperatur der Versuche mit der Kugel von Messing auf $11^{\circ} 54 C.$, und mit der Kugel von Elfenbein auf $4^{\circ} 01 C.$ fällt, wodurch die Temperatur der Toise, welche dem Endresultate, nach der Elimination der

unbekanntem Gröfse k , zum Grunde liegt, $= 13^{\circ}60$ wird und also nur $2^{\circ}65$ niedriger ist als die Normaltemperatur der Toise. Unter der Voraussetzung dafs der den Pendelversuchen am besten entsprechende Werth der Ausdehnung der wahre ist, ist die Länge der Toise für $13^{\circ}60$ um $0,400064$ zu groß berechnet worden, also die gefundene Länge des Secundenpendels auch, und zwar um $0,40003$ zu groß.



Zweiter Abschnitt.

Vergleichung der Bestimmung der Pendellänge für Königsberg mit anderen,
und Untersuchung verschiedener, bei den Pendelversuchen zu
berücksichtigender Umstände.

23.

Herr General-Lieutenant von Müffling und Herr Arago haben ein unveränderliches, von Herrn Fortin verfertigtes Pendel von Messing, im Jahre 1818, in Paris, beinahe an demselben Orte schwingen lassen, wo Borda seine, durch scharfsinnige Anordnung der Methode und durch Genauigkeit ihrer Ausführung, berühmt gewordenen Versuche machte. Dieses Pendel hatte Herr General-Lieutenant von Müffling die Güte, mir anzuvertrauen, und ich habe dadurch eine Vergleichung des Resultats von Borda, so wie des späteren der Herren Biot und Arago, mit dem meinen, zu erhalten gesucht.

Die Beobachtungen mit diesem Pendel in Paris hat Herr Anger, nach derselben Methode welche ich bei meinen Versuchen angewandt habe, neu berechnet. Es sind 4 Reihen von Coincidenzen, deren erste und letzte Herr Arago mit beobachtete, und woraus sich die Schwingungszeiten dieses Pendels, auf unendlich kleine Winkel bezogen, folgendermaßen ergeben:

1818 April	16	Schwin- gungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermo- meter.	Tempe- ratur des Pendels.
		0,9907283	0,7432	11,45	11,50
	17	0,9907370	0,7379	12,2	12,17
	18	0,9907119	0,7394	12,0	12,05
	18	0,9907199	0,7406	12,15	12,15

Um diese Schwingungszeiten auf den leeren Raum zu reduciren, muß man sie, nach dem 13^{ten} Art., mit

$$\sqrt{\left\{ \frac{\mu + ss}{s} \cdot \frac{s \left(1 - \frac{m'}{m}\right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + ss} \right\}}$$

multipliciren, oder wenn man $(\mu + ss) k$ für K schreibt und das Quadrat von $\frac{m'}{m}$ vernachläßigt, mit

$$1 - \frac{m'}{2m} (1 + k),$$

wo k also den zu diesem Pendel gehörigen unbekanntem Coefficienten bezeichnet. Nimmt man das Pendel 6388 Mal dichter an als atmosphärische Luft bei der Barometerhöhe von 0,^m76 und der Temperatur des schmelzenden Eises, und die Ausdehnung des Metalls für jeden Centesimalgrad des Thermometers = 0,0000478, beide nach der Mittheilung des Herrn General-Lieutenants von Müffling, so folgen die Schwingungszeiten im leeren Raume und bei der Temperatur 0°:

$$\begin{aligned} 0'',9905513 & - 0,0000726 \cdot k \\ 0,9905578 & - 0,0000719 \cdot k \\ 0,9905336 & - 0,0000721 \cdot k \\ 0,9905406 & - 0,0000722 \cdot k \end{aligned}$$

Die Gewichte dieser Versuche, welche verschiedene Anzahlen von Coincidenzen, nicht in ununterbrochener Reihe, enthalten, sind den Zahlen

$$181, 428, 62, 88,$$

proportional: mit Berücksichtigung derselben ist das mittlere Resultat:

$$0'',9905529 - 0,0000721 \cdot k.$$

Auf der Königsberger Sternwarte wurde dieses Pendel, unmittelbar neben dem Apparate, worauf meine Bestimmung beruht, aufgestellt. Da aber die Umstände der Pariser Aufstellung mir nicht so genau bekannt waren, daß ich die völlige Gleichheit hätte wieder hervorbringen können, so zog ich eine Beobachtungsart vor, welche der im 5^{ten} Art. beschriebenen ganz ähnlich ist, so daß das Pendel sich, 8 Fufs von der Uhr entfernt bewegte. Auf diese Art beobachtete ich im August und September 1826, bei sehr

hoher Temperatur, 6 Reihen, jede von 21 Coincidenzen; im November, als die Temperatur weit niedriger war, ersuchte ich die Herren Dr. Erman und Anger, noch 6 ähnliche Versuche zu machen, so daß das mittlere Resultat der hiesigen Beobachtungen fast genau zu der Temperatur gehört, bei welcher die Schwingungszeit in Paris bestimmt wurde. Diese 12 Versuche, geben nach der Berechnung des Herrn Anger folgende Resultate:

		Schwin- gungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermo- meter.	Tempe- ratur d. Pend.	Schwingungszeit im leeren Raume für 0° Temp.	Beobachter.
1826	Aug. 25	0,9905001	339,25	+ 23,7	21,29	0,9902404 — 0,0000720.k	Bessel.
	25	5084	340,56	22,7	21,21	2492	723.k
	26	5061	340,43	23,8	21,58	2437	722.k
	26	5018	340,43	21,6	20,80	2461	724.k
	28	5012	338,78	23,3	21,59	2391	718.k
	Sept. 1	5053	338,59	22,8	21,88	2407	717.k
	Nov. 9	3891	332,70	7,7	7,32	2503	744.k Anger.
	10	3852	332,55	7,1	7,37	2458	744.k
	11	3694	331,50	5,7	5,84	2427	752.k
	13	3613	333,37	4,5	4,53	2490	754.k Erman.
	14	3554	333,79	4,9	4,86	2372	751.k
	15	3613	333,09	4,2	4,39	2473	753.k Anger.

Das mittlere Resultat ist

$$0,9902443 - 0,0000735.k$$

und es folgt hieraus die Schwere in Königsberg, die in Paris = 1 gesetzt,

$$= \left\{ \frac{0,9905529 - 0,0000721.k}{0,9902443 - 0,0000735.k} \right\}^2 = 1,0006234 + 0,0000028.k$$

Um auch die Schwere in London mit der in Paris zu vergleichen, habe ich die Versuche angewandt, welche die Herren Biot, Arago, und von Humboldt, mit zwei unveränderlichen Pendeln in Paris und auf der Greenwicher Sternwarte angestellt haben. Diese Versuche haben im Mittel ergeben:

		Zahl der Schwingungen in einem Tage.	Baromet.	Thermo- meter.	Schwingungs- zeit.
Pendel N ^o 1	Paris	87671,785	0,7568	10,675	0,9854938
	Greenwich	87685,358	0,7602	7,975	0,9853412
Pendel N ^o 2	Paris	87030,794	0,7533	14,505	0,9927521
	Greenwich	87044,195	0,7632	8,850	0,9925992

Reducirt man die Schwingungszeiten auf den leeren Raum und auf die Temperatur des schmelzenden Eises, unter Anwendung derselben Zahlen für die Dichte und Ausdehnung des Pendels, welche ich oben benutzt habe, so erhält man:

$$\begin{aligned} \text{Pendel N}^\circ 1 & \begin{cases} \text{Paris} \dots\dots 0,9853265 - 0,0000737 \cdot k \\ \text{Greenwich } 0,9851965 - 0,0000748 \cdot k \end{cases} \\ \text{Pendel N}^\circ 2 & \begin{cases} \text{Paris} \dots\dots 0,9925596 - 0,0000731 \cdot k \\ \text{Greenwich } 0,9924456 - 0,0000754 \cdot k \end{cases} \end{aligned}$$

und hieraus die Schwere in Greenwich, die in Paris = 1 gesetzt

$$\begin{aligned} \text{Pendel N}^\circ 1 & = 1,0002679 + 0,0000023 \cdot k \\ \text{Pendel N}^\circ 2 & = 1,0002315 + 0,0000047 \cdot k \end{aligned}$$

also das mittlere Resultat dieser Versuche:

$$= 1,0002497 + 0,0000035 \cdot k.$$

Da die Erhöhung über der Meeresfläche, für die Sternwarte in Greenwich nicht angegeben ist, so muß die Schwere von dort nach Herrn Katers Beobachtungsorte, ohne Rücksicht darauf übertragen werden; man erhält dadurch für den letzteren Ort

$$1,0002533 + 0,0000035 \cdot k.$$

Aus der Verbindung beider Bestimmungen folgt die Schwere in Königsberg, die in London = 1 gesetzt, wenn man für alle 3 Pendel k gleich annimmt,

$$= \frac{1,0006234 + 0,0000028 \cdot k}{1,0002533 + 0,0000035 \cdot k} = 1,0003701 - 0,0000007 \cdot k$$

Für das unbekanntes k habe ich, indem es für ein Pendel von der Construction der verglichenen, wahrscheinlich kleiner ist als für eine Kugel, den Werth $\frac{3}{4}$ gesetzt, und dadurch die 3 beobachteten Pendellängen auf Königsberg übertragen:

	Beobachtete Pendellänge	für Königsberg.
Borda.....	$440,5593$	$440,8349$
Biot und Arago....	$440,5674$	$448,8130$
Kater.....	$440,6872$	$440,8501$

Diese Pendellängen sind sämmtlich größer als die von mir bestimmte; die erste um $0,^L 0202$; die andere um $0,^L 0283$, die dritte um $0,^L 0354$. Man

darf aber nicht übersehen, daß die Richtigkeit dieser Unterschiede auf der ungeprüften Voraussetzung beruht, daß das Pendel wodurch die Schweren in Paris und Königsberg verglichen worden sind, in der Zwischenzeit dieser Vergleichen unverändert geblieben sei. Die Bemerkung des Herrn Sabine, welche er aus seiner grofsartigen, auf Anordnung des *Board of Longitude* ausgeführten Unternehmung gefolgert hat, daß nämlich die auf die Meeresfläche reducirten Pendellängen, seiner Formel (*) nahe folgen, wenn die geologische Beschaffenheit der Beobachtungsorter gleich ist, könnte einiges Mistrauen gegen die Richtigkeit dieser Voraussetzung erregen. Denn da die geologische Beschaffenheit von London und Königsberg nahe gleich zu sein scheint, und die auf die Meeresfläche bezogene Pendellänge am ersteren Orte $= 440,^L 6896$, mittelst der Sabinischen Formel auf Königsberg übertragen, $440,^L 8117$ ergibt, und diese um $0,^L 0062$ kleiner ist als ich sie gefunden habe, so zeigt sich zwischen der Übertragung durch die unveränderlichen Pendel und der Formel, ein Unterschied von $0,^L 0416$, welcher gröfser ist als ihn Herr Sabine, bei gleichen geologischen Verhältnissen irgendwo gefunden hat.

Indessen geht aus dieser Übertragung nicht der wirkliche Unterschied der früheren Bestimmungen und der neueren hervor, weil jene nicht die vollständige Reduction auf den leeren Raum erhalten haben. Für die Versuche der Französischen Geometer und Astronomen wird sich die Reduction nachholen lassen, wenn eine neue Reihe von Versuchen, mit einer leichteren Kugel von derselben Gröfse der dabei angewandten Kugel von Platina, hinzugefügt wird. Will man, um eine vorläufige Übersicht zu erhalten, denselben Werth des Coefficienten k annehmen, welchen ich für eine Kugel von gröfserem Durchmesser gefunden habe, so wird man die aus dieser Ursache entstehende Vergröfserung der in Paris bestimmten Pendellängen etwa $= 0,^L 025$ finden, wodurch dieselben, nach der Vergleichung durch die unveränderlichen Pendel, $0,^L 045$ und $0,^L 053$ gröfser werden, als die in Königsberg beobachtete. Überträgt man dagegen die Pariser Pendellängen durch die Vergleichen der unveränderlichen Pendel auf London, und von da durch die Formel auf Königsberg, so findet man das ihnen hinzuzufügende :

(*) In Pariser Linien $= 439,^L 2975 + 2,^L 28174 (\text{Sin. Polhöhe})^2$

Verbesserung wegen der Luft	+ 0,0250
Reduction auf London	+ 0,1127
Reduction auf die Meeresfläche daselbst	+ 0,0024
Unterschied zwischen London und Königsberg, nach Sabine's Formel	+ 0,1221
	<hr/>
	+ 0,2622

und hiermit wird die erste Bestimmung für Paris $0,^L0036$, die andere um $0,^L0117$ größer, als in Königsberg beobachtet worden ist. Diese nahe Übereinstimmung ist jedoch nicht eher anzunehmen, als bis die Anwendbarkeit des von mir gefundenen Werths von k , auf eine Kugel von kleinerem Durchmesser, durch Versuche geprüft, und die Übertragung von Paris nach Königsberg durch unveränderliche Pendel bestätigt sein wird, denn die schon vorhandene ähnliche Übertragung giebt das vorher angeführte, stark abweichende Resultat.

Die Verbesserung des Katerschen Resultats nach der neuen Theorie über die Einwirkung der Luft, kann, nach unserer jetzigen Kenntniß dieses Gegenstandes, nicht ohne neue Versuche gefunden werden. Wie man aber, bei der Anwendung eines Pendels mit reciproken Axen, diese Schwierigkeit ganz vermeiden kann, werde ich unten zeigen.

24.

Alles was ich im vorigen Art. gesagt habe, beruht auf der Ansicht welche ich über die Einwirkung der Luft aufgestellt habe. Da aber die bisherige Theorie von dem unsterblichen Newton herrührt, und spätere Geometer an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt haben, so hielt ich für nothwendig, die neue, ehe ich sie auf die Pendelversuche anwandte, durch Experimente zu prüfen, welche den Zweck hatten, die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Newtonschen Theorie ins Licht zu setzen. Ich liefs daher, im October 1827, verschiedene Körper in Wasser und in Luft schwingen, und führe die Resultate davon hier an.

Es ist bekannt, daß ein in Wasser schwingender Körper, durch den Widerstand welchen er erfährt, sehr bald zur Ruhe kömmt; aus diesem Grunde können die Beobachtungen nur geringe Genauigkeit erlangen. Allein wenn die Genauigkeit der Schwingungszeit bis auf etwa ein Tausendtheil

einer Secunde, hinreichend ist, so wird ihre Beobachtung leichter als es auf den ersten Blick erscheint. Ich habe, um Resultate von dieser Annäherung zu erhalten, zwei Verfahrensarten brauchbar gefunden. Die erste besteht darin, dafs man die Secunden der Uhr ununterbrochen fortzählt, und z. B. bei jeder 10^{ten} oder 12^{ten} derselben, den Bruch der Schwingung anmerkt, welcher diesen Pendelschlägen entspricht; die ganzen Schwingungen werden später hinzugefügt. Nach der zweiten werden diejenigen Secunden der Uhr angemerkt, welche mit gerade vollendeten Schwingungen des Pendels zusammentreffen; dieses zweite Verfahren scheint den Vorzug zu verdienen, wenn die Schwingungszeiten von 1'', 2'', . . . wenig verschieden sind.

Die Pendel mit welchen diese Versuche gemacht worden sind, wurden sämmtlich aufser dem Apparate aufgehängt, so dafs sie in die Mitte eines runden Wassergefäfses von 3 Fufs Durchmesser und 10 Zoll Höhe trafen; die Schwingungswinkel fingen bei etwa 2° an, und endigten sich bei den kleinsten welche noch gehörig gesehen werden konnten.

1. Das lange Pendel mit der Kugel von Messing machte eine Schwingung in etwas weniger als 2 Secunden, weshalb ich das zweite Verfahren anwandte, und aus 2 Reihen von Schwingungen, jede 10 Mal wiederholt, die Zeiten der Coincidenzen folgendermassen fand:

Coincidenz.	Secunden.	
	0''	0''
0	0,0	0,0
1	22,5	21,9
2	45,5	43,6
3	65,8	66,7
4	88,9	89,3
5	112,1	111,1
6	133,5	132,9
7	153,0	153,8
8	176,5	176,1
9	198,9	198,3
10	221,3	—
11	240,9	—
12	265,6	—
13	287,1	—

Die erste Reihe giebt nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, den wahrscheinlichsten Werth der Zwischenzeit zweier Coincidenzen

= 22,"003, die zweite = 22,"033. Das Mittel aus beiden ergibt die Schwingungszeit des Pendels.

$$= \frac{2 \cdot 22,018}{23,018} = 1,9131 \text{ Uhrz.} = 1,9085 \text{ M. Z.}$$

Die Schwingungszeit desselben Pendels in der Luft war 1,"7217 M. Z.

2. Das kurze Pendel mit derselben Kugel, ergab, in 2 Reihen, jede 10 Mal wiederholt, folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
12	10,82	10,81
24	21,63	21,57
36	32,44	32,39
48	43,26	43,17
60	54,10	54,02
72	64,89	64,80
84	75,69	75,61
96	86,53	86,44
108	97,28	97,26
120	108,10	108,05

Aus der ersten Reihe folgt die Schwingungszeit = 1,"1100, aus der zweiten = 1,"1104; das Mittel also = 1,"1102 Uhrzeit = 1,"1078 M. Z.; in der Luft war sie = 1,"0020 M. Z.

Um diese Versuche zu berechnen hat man, wenn Δ , Δ' , Δ'' die Dichtigkeiten der Pendelkugel, des Wassers und der Luft bezeichnen, und $\Delta\delta'$, $\Delta\delta''$ für Δ' , Δ'' geschrieben werden, nach dem 13^{ten} Art.

$$\lambda u \cdot s (1 - \delta') = \mu + \delta' \cdot K + ss$$

$$\lambda t' \cdot s (1 - \delta'') = \mu + \delta'' \cdot K + ss$$

Schreibt man $(\mu + ss) k$ für K , so folgt hieraus, unter der Voraussetzung das der Werth von K für Wasser und Luft gleich sei, welche, wegen der geringen Dichtigkeit der Luft, keinen bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Fehler erzeugen kann,

$$k = \frac{u(1-\delta') - t't'(1-\delta'')}{\delta't't'(1-\delta'') - \delta''u(1-\delta')}$$

Für diese beiden Versuche ist $\Delta' = 8,18955$; $\Delta' = 0,99990$; $\Delta'' = 0,00126$, und es folgt damit aus dem ersten Versuche $k = 0,648$, aus dem zweiten 0,602.

Um beide übereinstimmend zu machen, dürfte man die Schwingungszeit des kurzen Pendels in Wasser nur um $0'',0029$ vermehren, was mit den Hindernissen welche sich bei diesen Versuchen der Genauigkeit entgegensetzen, wohl vereinbar zu sein scheint.

3. An die Pendel wurde, statt der Kugel, ein hohler Cylinder von Messing, von 36 Lin. Höhe und 32 Lin. Durchmesser gehängt, welcher eben so schwer ist als die Kugel, dessen spezifische Schwere aber nur 2,0788 beträgt. Mit dem langen Pendel wurde folgendes beobachtet:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
10	3,52	3,56
20	7,10	7,13
30	10,66	10,69
40	14,20	14,28
50	17,81	17,88
60	21,36	21,42
70	24,95	24,98
80	28,51	28,57
90	32,10	32,15
100	35,66	35,77

Hieraus folgt die Schwingungszeit $= 2'',7947$ und $2'',7972$, im Mittel $= 2'',7960$ Uhrzeit $= 2'',7892$ M. Z.; in der Luft war sie $= 1'',7244$ M. Z.

4. Am kurzen Pendel aufgehängt, machte derselbe Hohleylinder folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
12	7,27	7,28
24	14,60	14,56
36	21,88	21,86
48	29,21	29,18
60	36,56	36,46
72	43,84	43,76
84	51,17	51,06
96	58,50	58,39

woraus man für die Schwingungszeit $1'',6406$ und $1'',6442$ erhält; im Mittel $1'',6424$ Uhrzeit $= 1'',6385$ M. Z.; in der Luft fand ich $1'',0104$ M. Z.

Diese beiden Versuche gaben, nach der bei den vorigen, angeführten Formel berechnet, $k = 0,747$ und $0,761$ und zeigen daher, wenn man sie

mit der vorigen Bestimmung vergleicht, einen merklichen Einfluss der Figur des schwingenden Körpers.

5. Um diesen Einfluss aber noch viel größer an den Tag zu legen, nahm ich aus dem Hohlcyliner, mit welchem die beiden vorigen Versuche gemacht worden sind, den ihn unten verschließenden Boden heraus, wodurch er die specifische Schwere des Metalls selbst, etwa = 8,3 erhielt. Wenn die Figur keinen Einfluss hätte, so hätte der Cylinder nun nahe wie die Kugel schwingen müssen; allein er machte am langen Pendel folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.
0	0,00
10	3,86
20	7,72
30	11,66
40	15,52
50	19,40
60	23,27
70	27,17
80	31,05
90	34,97
100	38,84

woraus die Schwingungszeit = 2,"5737 Uhrzeit = 2,"5675 M.Z. folgt; in der Luft war sie = 1,"7199 M.Z.

6. Derselbe Cylinder ohne Boden, bewegte sich am kurzen Pendel folgendermaßen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0,00	0,00
10	6,61	6,56
20	13,23	13,26
30	19,84	19,88
40	26,50	26,55

Hieraus geht die Schwingungszeit = 1,"5099 und 1,"5056 hervor; im Mittel = 1,"5078 Uhrzeit = 1,"5042 M.Z.; in der Luft war sie = 1,"0019 M.Z.

Diese beiden Versuche ergeben $k = 7,99$ und $8,21$, woraus also ein sehr großer Einfluss der Figur des schwingenden Körpers hervorgeht. Die

Wassertheile sind gezwungen worden, mehr Bewegung anzunehmen als in den vorigen Fällen, weil hier ein leer werdender Raum an der äußeren Seite des Cylinders, durch das Wasser im Inneren ersetzt werden mußte, oder umgekehrt.

Vergleicht man dieselben 6 Versuche mit der bisherigen Theorie, so erhält man die Schwingungszeit im Wasser = t , aus der in der Luft = t' , nach der Formel

$$t = t' \sqrt{\frac{1 - \delta''}{1 - \delta'}}.$$

		Rechnung.	Beobachtung.
Kugel von Messing	langes Pendel	1,8373	1,9085
	kurzes —	1,0693	1,1078
Hohlcyliner	langes —	2,3928	2,7892
	kurzes —	1,4021	1,6385
Hohlcyliner ohne Boden	langes —	1,8339	2,5675
	kurzes —	1,0683	1,5042

Man sieht also, daß jene Theorie mit den Versuchen nicht übereinstimmt. Hätte Newton, bei den Versuchen welche er über die Abnahme der Schwingungswinkel in Wasser und Quecksilber anstellte, die Schwingungszeiten angemerkt, so hätte ihm die Unzulänglichkeit der Theorie nicht entgehen können.

Endlich liefs ich noch ein Pendel mit reciproken Axen, welches ich unten näher beschreiben werde, und welches in der Luft um beide Axen gleichzeitige Schwingungen von 1,0002 M.Z. machte, in einem hohen Gefäße voll Wasser, so daß das Pendel ganz davon überdeckt wurde, schwingen. Wenn das große Gewicht unten war, war die Schwingungszeit = 1,1177 M.Z., wenn es oben war = 1,1450; die Gleichzeitigkeit der Schwingungen ging also verloren, was man auch erwarten mußte.

Vergleicht man den aus der Bewegung der Kugel von Messing in Wasser hervorgehenden Werth von k , mit dem aus der Vergleichung der Schwingungen dieser Kugel und der gleich großen von Elfenbein, im 21^{ten} Art. gefolgerten, so sieht man, daß derselbe weit kleiner ist, als der in der Luft stattfindende, etwa im Verhältnisse 2:3. Hieraus geht hervor, daß man die zur Reduction der Pendelversuche nothwendige Kenntniß von K nicht

aus Schwingungen des Pendels in einer tropfbaren Flüssigkeit ableiten darf. Auch erinnere ich, daß das Resultat, daß die Wirkung der Flüssigkeit nur das Moment der Trägheit vermehrt, nur für Flüssigkeiten von geringer Dichte allgemein erwiesen worden ist.

25.

Da durch das was ich im 13^{ten} Art. gesagt habe, die Möglichkeit einer, von der bisherigen Theorie verschiedenen Einwirkung der Flüssigkeiten auf die Bewegung der Körper klar wird, und alle Versuche welche ich angeführt habe, das was die Hydrodynamik hier noch unentschieden läßt, dahin entscheiden, daß die stets durch k bezeichnete Größe keinesweges merkebelich ist, so halte ich die von der bisherigen verschiedene Reduction der Pendelbeobachtungen, welche ich angewandt habe, für gerechtfertigt, und werde nun die Resultate anderer Prüfungen angeben, welche ich über die Bewegung der Pendel vorgenommen habe.

Den Einfluß der cylindrischen Figur der Schneiden eines Pendels hat zuerst Herr Laplace erkannt und entwickelt. Die theoretische Untersuchung desselben beruht auf der Annahme, daß die cylindrische Schneide, bei der Bewegung des Pendels, auf der untergelegten Ebene rollt, und daß die Ebene diesem Rollen kein Hinderniß in den Weg legt. Man bemerkt leicht, daß die Breite der cylindrischen Abstumpfung einer Schneide allein nicht hinreichend ist, den Einfluß der Abstumpfung auf die Schwingungszeit zu geben: dieser hängt vielmehr, wie auch die Herren Biot und Arago bemerkt haben, von der Krümmung desjenigen Theils der Schneide ab, welcher nach und nach mit den Ebenen in Berührung kömmt, und welcher, bei kleinen Schwingungswinkeln, so wie sie bei den Versuchen zur Bestimmung der Pendellängen vorzukommen pflegen, immer sehr klein ist. Wäre z. B. der Krümmungshalbmesser ein Zehntel einer Linie, so würde die Abstumpfung der Schneide, bei einer ganzen Schwingungsweite von $2\frac{1}{2}^\circ$, welches die größte, bei Herrn Katers Versuchen vorkommende ist, nur ein Bogen des Cylinders von 0,1 L. Halbmesser von $2\frac{1}{2}^\circ$ sein, oder eine Breite von 0,0043 haben dürfen, um einen Einfluß von einem Zehntel einer Linie auf die Pendellänge erhalten zu können. Bemerkt man aber wirklich eine Abstumpfung von dieser Breite, so werden doch alle optischen Hülfsmittel den Halbmesser ihrer Krümmung unsicher lassen, und man wird nicht im Stande

sein, sich völlig zu versichern, ob nicht diese kleine Abstumpfung einen bedeutenden Einfluss auf die Pendellänge erlangt. Dieses Beispiel zeigt, dass es der Mühe werth ist, den Einfluss der Abstumpfung der Schneiden genauer zu erörtern, als bisher geschehen ist.

Über die Figur des Cylinders welcher die Schneiden begrenzt, kann als bekannt vorausgesetzt werden, dass die abgeschliffenen Ebenen des Prismas welches die Schneiden bildet, Berührungsebenen an dieselbe sind, oder, wenn der Winkel dieser Ebenen durch $2i$ bezeichnet wird, dass Tangenten an die Grenzen der Cylinderflächen gezogen, den Winkel $2i$ einschließen; ferner kann man die Entfernung der Ebenen, da wo sie mit der Cylinderfläche zusammentreffen, als bekannt annehmen, indem sie mikroskopisch meßbar ist; ich werde sie durch b bezeichnen. Die Krümmung der Oberfläche bleibt aber unbekannt und man muß sie in der Rechnung willkürlich lassen. Ich habe darüber angenommen, dass der auf die Axe des Cylinders senkrechte Durchschnitt desselben, ein Kegelschnitt sei, dessen eine Axe mit der des Pendels zusammenfällt; seine Figur ist dann durch i , b und eine willkürliche Excentricität, welche ich durch ε bezeichnen werde, gegeben. Durch die Änderung der letzteren geht der Cylinder von der mit den Ebenen des Prismas zusammenfallenden Hyperbel, also von einer Winkelspitze, durch alle Zwischenstufen hindurch, in eine auf die Axe des Pendels senkrecht stehende Ebene über.

Diese Annahme habe ich in der IX. Beilage durch Rechnung verfolgt und führe hier die Resultate davon an. Wenn man die Länge des einfachen Pendels, mit welchem das sich auf der cylindrischen Schneide bewegende, gleiche Schwingungszeit hat, durch l' bezeichnet; die Länge eines zweiten einfachen Pendels, welches mit dem Schneidenpendel gleiche Zeit halten würde, wenn dieses sich um den Scheitelpunkt der Schneide drehete, durch l , so findet sich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide, und q eine von der Figur des Cylinders und dem Schwingungswinkel abhängige Quantität ist.

Der Werth von q , für unendlich kleine Schwingungen, ist

$$= \frac{1(1 - \varepsilon \text{Cos } i^2)}{2 \text{Cos } i} ;$$

für $\varepsilon = \text{Sec } i^2$ verwandelt der Kegelschnitt sich in eine Winkelspitze, und q wird $= 0$, so wie b willkürlich; von $\text{Sec } i^2$ bis 1 ist der Kegelschnitt eine Hyperbel; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und 0 eine Ellipse mit aufrecht stehender großen Axe; für 0 ein Kreis; zwischen 0 und $-\infty$ eine Ellipse mit aufrechter kleinen Axe. Durch diesen Übergang von ε von $\text{Sec } i^2$ bis $-\infty$ wird q immer größer, und für den letzten Werth sogar unendlich groß, was mit dem gänzlichen Aufhören der unendlich kleinen Schwingungen in diesem Falle übereinstimmt. Ist aber der halbe Schwingungswinkel u' nicht unendlich klein, so hat q die Grenze

$$\frac{2}{\pi \text{Sin } u'}$$

Für sehr große Werthe von ε nimmt q schnell ab, wenn die Schwingungswinkel wachsen; für kleinere ist es von dem Werthe, welchen es für unendlich kleine Schwingungen hat, wenigstens bei den Winkeln bei welchen man Pendelversuche anzustellen pflegt, nicht mehr merklich verschieden. Damit man dieses vollständiger übersehen könne, habe ich für einige Werthe von ε , und für $u' = 0, 1^\circ, 2^\circ$, den Werth von q , nach Anleitung der IX. Beilage, berechnet, und in folgende zwei Tafeln gebracht, deren erste für $2i = 90^\circ$ gilt, die andere für $2i = 120^\circ$; dieser letzte Winkel fand bei Herrn Katers Versuchen statt.

Winkel $i = 45^\circ$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Aven- verhältnifs.	Werthe von q .		
			$u' = 0$	$u' = 1^\circ$	$u' = 2^\circ$
+	2	Hyperbel	0	0	0
+	1	Parabel	0, 50	0, 50	0, 50
	0	Kreis	0, 71	0, 71	0, 71
-	10	Ellipse	1, 73	1, 73	1, 72
-	100	—	5, 05	4, 99	4, 84
-	1000	—	15, 83	14, 30	11, 58
-	10000	—	50, 00	28, 38	16, 68
-	100000	—	158, 11	34, 94	18, 00
-	∞	Ebene	∞	36, 48	18, 24

Winkel $i = 60^\circ$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Axe- verhältnifs.	Werthe von q .		
			$u' = 0$	$u' = 1^\circ$	$u' = 2^\circ$
+	4	Hyperbel . . .	0	0	0
+	1	Parabel . . .	0, 87	0, 87	0, 87
	0	Kreis	1, 00	1, 00	1, 00
-	10	Ellipse	1, 87	1, 87	1, 86
-	100	—	5, 10	5, 04	4, 88
-	1000	—	15, 84	14, 32	11, 59
-	10000	—	50, 01	28, 38	16, 68
-	100000	—	158, 12	34, 94	18, 00
-	∞	Ebene	∞	36, 48	18, 24

Diese Tafeln geben nur den von der Lage des Schwerpunkts des Pendels unabhängigen Theil des vollständigen, in der IX. Beilage entwickelten Ausdrucks von q ; der andere ist unbedeutend.

Wenn die Voraussetzung worauf diese Rechnung gegründet ist, nämlich dafs die cylindrische Schneide auf den Ebenen wirklich rollt, wahr ist, so zeigen diese Tafeln, dafs die Figur der Schneide einen merklichen Einflufs auf die Pendellängen haben kann, selbst wenn die Abstumpfung b nur einige Tausendtheile einer Linie beträgt. Wenn nicht ein genügender Grund vorhanden ist anzunehmen, dafs grofse negative Werthe von ε , oder sehr stark abgeplattete Ellipsen mit horizontaler grofsen Axe, bei der Operation des Abschleifens der Schneiden, oder durch die Abnutzung derselben durch den Gebrauch, nicht entstehen können, so wird man diese Ursache als die Quelle einer so grofsen Unsicherheit ansehen müssen, dafs man nicht wagen darf, die Bestimmung der Pendellänge auf einen Apparat mit Schneiden zu gründen, ehe man Mittel gefunden hat, den Fehler entweder zu bestimmen, oder aus dem Resultate zu eliminiren.

Es ist in der That behauptet worden, dafs der Einflufs der Cylindricität der Schneiden, aus dem Resultate der Beobachtungen mit einem Pendel von Herrn Bohnenbergers Erfindung verschwinde; allein diese sehr elegante Eigenschaft eines solchen Apparats findet nur statt, wenn beide Schneiden durch gleiche Cylinder begrenzt sind. Setzt man dieses nicht voraus, die beobachteten Schwingungszeiten um beide Schneiden aber als gleich, so hat man für die eine

$$l' = l - \frac{l}{s} b q; \quad l = \frac{\mu + ss}{s};$$

für die andere

$$l' = l - \frac{l}{s} b, q.; \quad l = \frac{u + s, s}{s};$$

und wenn man l, l', μ eliminirt,

$$l' = s + s - \frac{s + s}{s - s} (bq - b, q.).$$

Also ist die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, nur dann der Entfernung der Scheitel der cylindrischen Schneiden gleich, wenn bq und $b, q.$ gleich sind. Es ist aber ein leichtes Mittel vorhanden, den Einfluss der Cylindricität ganz zu eliminiren: man richtet das Pendel so ein, dafs die Schneiden mit einander verwechselt werden können, und macht die Versuche sowohl vor als nach der Verwechslung. Dadurch kömmt der Fehler, in gleicher Gröfse auf entgegengesetzte Seiten, und das Mittel ist frei davon.

26.

Es ist bekannt, dafs Herr Biot die Einwirkung der Cylindricität ganz bezweifelt hat, indem er bemerkt, dafs das Pendel nicht mit der ganzen Schneide, sondern nur mit einzelnen hervorstehenden, als unendlich klein zu betrachtenden Punkten auf der Ebene aufliege, und sich bei der Schwingung um diese drehe. Man könnte noch hinzufügen, dafs eine der Voraussetzungen der Rechnung, nämlich die der völligen Härte der Unterlagen, nie in mathematischer Strenge erfüllt wird, indem dieselben immer mehr oder weniger elastisch sind. Indessen können diese Bemerkungen uns über eine Fehlerquelle nicht völlig beruhigen, deren sehr grofser Einfluss auf die Versuche, der Rechnung zufolge, möglich ist; deren Nichtvorhandensein aber durch directe Beweise dargethan werden müfste, ehe man die Sicherheit von Versuchen, auch wenn sie nicht durch ihre Anordnung davon befreit sind, behaupten kann.

Es schien mir also nothwendig, Versuche über die Einwirkung der Figur der Schneiden anzustellen. Dieses geschah mit einem Pendel mit reciproken Axen, welches aus einer cylindrischen Stange von Messing, von 5,4 Lin. Durchmesser und 635 Lin. Länge, mit einem festen gröfseren und einem beweglichen kleineren Gewichte besteht. Wenn das gröfsere Gewicht unten ist, das kleinere oben, so ist die obere Schneide 96,4 Lin. vom oberen

Ende der Stange entfernt, die untere 97,6 Lin. vom unteren Ende; das große Gewicht ist ein Cylinder von Messing von 36,7 Lin. Durchmesser und 3,9 Lin. Höhe, und die auf die Stange senkrechte Axe desselben ist 58,6 Lin. unter der unteren Schneide. Das kleine Gewicht ist dann über der oberen Schneide, und wurde, bei den Versuchen welche ich mit diesem Apparate machte, so befestigt, daß sein Mittelpunkt 64,3 Lin. von derselben entfernt war, wodurch die Schwingungszeiten um beide Schneiden nahe gleich wurden. In diesem Zustande fand ich die Entfernung der einen Schneide vom Schwerpunkte = 305,32 Lin., der anderen = 135,70 Lin., so daß die Entfernung beider durch den Schwerpunkt im Verhältnisse 9 : 4 getheilt wurde. Die Schneiden von Stahl sind ziemlich nahe im rechten Winkel abgeschliffen, der Figur und dem Gewichte nach gleich und so eingerichtet, daß man sie leicht herausnehmen, und, dem Zwecke des Apparats gemäß, diejenigen Änderungen ihrer Abstumpfung vornehmen kann, über deren Einwirkung auf die Schwingungszeit Versuche gemacht werden sollen. Die Unterlage der Schneiden waren die zu dem unveränderlichen Pendel von Fortin gehörigen Agatebenen. Das Gewicht des Pendels fand ich = 34260 Gran.

Die Beobachtungen mit diesem Apparate wurden nach der im 5^{ten} Art. beschriebenen Methode gemacht; da sie aber auf das eigentliche Resultat dieser Abhandlung keinen Einfluß haben, so glaube ich die Anführung derselben in ihrer ursprünglichen Form unterlassen, und nur die aus jedem Versuche herausgebrachte Schwingungszeit für unendlich kleine Winkel, mittheilen zu dürfen.

Wenn man die Schneiden herausnimmt um ihre Schärfe durch neues Anschleifen zu verändern, so wird nur dann eine Änderung der Schwingungszeit daraus hervorgehen, wenn der Werth von bq dadurch verändert worden ist; in sofern man also nicht Mittel anwendet, welche dieses Product bestimmt ändern, wird das neue Anschleifen oft keinen merklichen Einfluß äußern. Ich kann daher nicht alle Versuche welche ich gemacht habe, zur Bestätigung des wirklichen Einflusses der Abstumpfung auf die Schwingungszeit anführen, sondern nur diejenigen derselben welche diesen Einfluß zeigten. Die Form unter welcher ich die Versuche mittheilen werde ist folgende: zuerst wird die beobachtete mittlere Zeit t einer Schwingung für unendlich kleine Winkel, nebst dem Stande des Barometers und daran befindlichen Thermometers angegeben; dann die Temperatur des Pendels τ ; ferner die

auf den leeren Raum und die Temperatur 0 bezogene, entsprechende einfache Pendellänge l' , in der Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels = $440,^L 8147$, und der Ausdehnung des Messings = $0,0000178$ für $1^\circ C.$, berechnet. Der unbekannt Coefficient welcher die Einwirkung der Luft bestimmt, ist, je nachdem das grofse Gewicht unten oder oben ist, durch k und k' bezeichnet.

Am 13^{ten} December 1826, als das grofse Gewicht oben war, wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,^{''}0001093. \quad 340,^L 38 + 3^\circ 2. \quad \tau = 2^\circ 95. \quad l' = 440,^L 8185 - 0,^L 0694 . k'.$$

Darauf wurde die Schneide herausgenommen und so fein geschliffen als mir möglich war; am folgenden Tage fand sich damit:

$$t = 1,^{''}0001651. \quad 339,^L 34 + 3^\circ 0. \quad \tau = 3^\circ 07. \quad l' = 440,^L 8668 - 0,^L 0694 . k'.$$

Allein durch das Herausnehmen und Wiedereinsetzen der Schneide, war sie, wie ich durch eine mikroskopische Messung fand, um $0,^L 0006$ dem Schwerpunkte näher gekommen, wodurch l' , nach der oben angegebenen Lage des Schwerpunkts des Pendels, um $0,^L 0075$ vergrößert worden ist. Der Unterschied beider Versuche ist daher = $0,^L 0408$, und zeigt, dafs das Product bq durch die Änderung der Schneide, um $0,^L 0125$ verkleinert worden ist.

Ein zweites Beispiel giebt eine, durch fortgesetzten Gebrauch einer Schneide erzeugte Änderung zu erkennen. Am 16^{ten} December 1826 war das grofse Gewicht unten, und die Schneide war sehr fein, vermuthlich feiner als es nach der Härte ihres Stahls hätte sein sollen, angeschliffen; in diesem Zustande des Pendels wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,^{''}0001505. \quad 338,^L 66 + 2^\circ 7. \quad \tau = 2^\circ 64. \quad l' = 440,^L 8572 - 0,^L 0695 . k.$$

Nach dieser Beobachtung wurde das Pendel zu verschiedenen Versuchen angewandt, von welchen ich später reden werde, und nach der Beendigung derselben, am 14^{ten} und 15^{ten} Februar 1827, wurden folgende Versuche damit gemacht:

$$t = 1,^{''}0000984. \quad 331,^L 80 - 1^\circ 0. \quad \tau = - 0^\circ 78. \quad l' = 440,^L 8387 - 0,^L 0689 . k$$

$$t = 1,0000787. \quad 334,39 - 1,3. \quad - 2,20. \quad = 440,8316 - 0,0689 . k.$$

Die Veränderung der entsprechenden einfachen Pendellänge ist daher gleich $-0,^t0220$; allein im Februar fand sich die Schneide $0,^t006$ entfernter vom Schwerpunkte als im December, welches vermuthlich von einer durch die erwähnten Versuche entstandenen, auch später beim Herausnehmen der Schneide sichtbaren Abnutzung herrührt. Diese vergrößerte Entfernung, hätte l' um $0,^t0033$ vergrößern müssen, wenn bq denselben Werth behalten hätte; die beobachtete Veränderung beträgt daher $-0,^t0253$, und es folgt daraus eine Vergrößerung von $bq = 0,^t0173$. Die abgenutzte Schneide schien mir, unter einem 200 Mal vergrößernden Mikroskop, eine Abstumpfung von $0,^t005$ zu haben.

Diese beide Erfahrungen scheinen mir hinreichend, zu zeigen, daß die Figur der Schneide wirklich die Schwingungszeiten ändern kann; ich hätte noch einige andere auführen können, welche aber nicht so entschieden wie diese, die möglichen Grenzen der Beobachtungsfehler überschreiten. Allein man kann eine viel größere Wirkung der Abstumpfung hervorbringen, wenn man darauf ausgeht, die Krümmung der Abstumpfung sehr klein zu machen. Um eine Bestätigung dieses Resultats der Rechnung durch Versuche zu erhalten, schliff ich die Schneide durch eine Glasplatte, welche, soviel ohne besonders dazu eingerichteten Apparat thunlich war, stets senkrecht auf der den Winkel der Ebenen des Prismas bissectirenden Ebene erhalten wurde. Die Breite der dadurch entstandenen Abstumpfung, fand ich, mit den Pistorischen Mikroskopen, im Mittel aus Messungen an 10 verschiedenen Punkten $= 0,^t0216$; die Entfernung der Schneide vom Schwerpunkte war jetzt $0,^t021$ größer als am 16^{ten} December 1826, für welchen Tag oben $l' = 440,^t8572 - 0,^t0695 k$ bestimmt worden ist; jetzt hätte also sein Werth $= 440,^t8689 - 0,^t0695 k$ sein sollen, wenn der Zustand der Schneide übrigens nicht verändert worden wäre. In diesem Zustande des Pendels beobachtete Herr D' Erman am 16^{ten} Februar eine Reihe von Coincidenzen, welche ich mit den dazu gehörigen Schwingungswinkeln anführe, weil die aus jedem einzelnen Intervalle geschlossene, nach der gewöhnlichen Formel auf unendlich kleine Winkel reducirte Schwingungszeit entschieden kleiner wurde so wie die Schwingungswinkel abnahmen.

u'	t	τ	l'	Einfluss der Abstumpfung.
von 98',1 bis 69',0	0',9997619	— 2°,03	440',5539	— 0',3150
69,0 - 52,6	7633	— 2,01	5524	— 0,3165
52,6 - 40,8	7594	— 2,00	5489	— 0,3200
40,8 - 29,2	7619	— 2,00	5511	— 0,3178
29,2 - 22,4	7509	— 1,99	5413	— 0,3276
22,4 - 17,0	7407	— 1,97	5321	— 0,3368
17,0 - 13,3	7255	— 1,94	5185	— 0,3504

$331',80 - 2°,0$ $440',5539$ $— 0',0696 k.$

Der hier beobachtete Einfluss der Abstumpfung ist $= -\frac{l}{s} \cdot bq = -\frac{13}{9} \cdot bq$; $b = 0',0216$ angenommen ergibt sich daraus q :

u'	q
83',6	10,1
60,8	10,1
46,7	10,2
35,0	10,2
25,8	10,5
19,7	10,8
15,2	11,2

Dieser Versuch wurde, einige Tage später, mit der Abänderung wiederholt, dass die Ebenen der Schneide vorher abgeschliffen wurden, so dass die Breite der Abstumpfung dadurch bis auf 0',0135 im Mittel, vermindert wurde. Als die Schneide wieder befestigt war, fand sie sich 0',019 entfernter vom Schwerpunkte als am 16^{ten} December, weshalb der Werth von l' jetzt $= 440',8678 - 0',0695 k$ hätte sein sollen. Die Coincidenzen wurden von Herrn Anger beobachtet;

u'	t	τ	l'	Einfluss der Abstumpfung.
von 90',0 bis 69',3	0',9998555	— 3°,92	440',6475	— 0',2203
69,3 - 56,0	8478	— 3,75	6393	— 0,2285
56,0 - 44,8	8373	— 3,63	6292	— 0,2386
44,8 - 36,3	8370	— 3,54	6282	— 0,2396
36,3 - 29,9	8300	— 3,47	6244	— 0,2464
29,9 - 24,5	8368	— 3,43	6271	— 0,2407
24,5 - 20,4	8210	— 3,39	6129	— 0,2548

$335',94 - 3°,4$ $440',6475$ $— 0',0706 k.$

Da b hier $= 0',0135$ ist, so erhält man die den einzelnen Intervallen entsprechenden Werthe von q :

u'	q
79,7	11,2
62,7	11,7
50,4	12,2
40,6	12,2
33,1	12,6
27,2	12,3
22,5	13,0

Diese Versuche, verglichen mit der ersten Tafel des 25^{ten} Art., zeigen, daß wenn man die Abstumpfung als eine Ellipse betrachtet, das Axenverhältniß etwa 1 : 21 und 1 : 25 angenommen werden muß, welche Annahmen nichts Unwahrscheinliches haben, aber, da man die Krümmung so kleiner Flächen nicht messen kann, auch nicht direct bestätigt werden können; die Zunahme des Einflusses bei kleinen Schwingungswinkeln, stimmt nahe genug mit der Theorie überein.

27.

Obgleich diese Versuche, übereinstimmend mit der oben gegebenen Entwicklung der Theorie, zeigen, daß Grund vorhanden ist, auf die Vermeidung des Einflusses der Cylindricität der Schneiden mehr Gewicht zu legen, als bisher geschehen ist, so sieht man doch wohl, daß ihr Einfluß auf die Versuche des Herrn Kater, wenn nicht ganz unmerklich, doch sehr gering gewesen sein muß. Denn die große Vorsicht welche dieser, eben so aufmerksame als erfindungsreiche Beobachter auf die feine Bearbeitung und gute Erhaltung der Schneiden wandte, so wie die Güte des zu denselben benutzten Stahls, lassen eine nur sehr geringe, wahrscheinlich ein Tausendtheil einer Linie nicht erreichende Abstumpfung erwarten, deren Einfluß, wenn sie für beide Schneiden gleich war, verschwinden, wenn sie ungleich war, nach dem 25^{ten} Art., nur zum Theil auf das Resultat übergehen mußte.

Die Herren Biot und Arago haben ihre Versuche mit 2 Schneiden gemacht, deren eine eine sehr breite Abstumpfung, die andere eine weit geringere hatte; für jene war $b = 0,40166$, für diese $= 0,40023$. Dennoch stimmen die mit beiden erhaltenen Resultate überein. Nach dem was ich über die Abstumpfung der Schneiden angeführt habe, muß ich gestehen, daß mir diese Übereinstimmung mehr zufällig als nothwendig erscheint. Bei

dem letzten der im vorigen Art. angeführten Versuche, war die Breite der Abstumpfung kleiner als bei dem ersten der beiden Französischen Pendel; dennoch würde ihr Einfluss auf dasselbe etwa $0,^L16$ gewesen sein. Wenn er aber nicht so groß, sogar unmerklich gefunden wurde, so liegt dieses also in der Art der Krümmung, von welcher es überhaupt wahrscheinlich ist, dass sie die Grenze nicht durch Zufall erreicht, welche man ihr durch Absicht geben kann. Es scheint daher dass man das zuverlässigste Resultat aus der in dem *Recueil d'Observations* enthaltenen denkwürdigen Operation ziehen wird, wenn man die Versuche mit der feineren Schneide allein nimmt, und die mit der gröbereren nur zur Übertragung der Pendellänge von einem Orte zum anderen anwendet. Das Maximum des Einflusses der Abstumpfung der feineren Schneide auf die Länge des Secundenpendels, welches sich mit den bei größeren und kleineren Schwingungswinkeln angestellten Beobachtungen noch vereinigen lässt, würde etwa $0,^L029$ sein; allein es ist, wie gesagt, gar nicht wahrscheinlich, dass diese Grenze auch nur näherungsweise erreicht werden sollte.

Der Fehler welchen dieselbe Ursache bei der Bordaschen Bestimmung hervorgebracht haben kann, ist, weil das Pendel viermal so lang war als das Secundenpendel, nur ein Viertel der Größe von bq . Man darf aber nicht unbemerkt lassen, dass Laplace erst lange nach Borda's Tode auf diese Fehlerursache aufmerksam machte, so dass man nicht sicher ist, ob Borda alle Aufmerksamkeit angewandt hat, sie zu vermeiden; ferner dass jener großer Geometer anführt, die Begrenzung der Schneide sei ein Halbcylinder, dessen Radius ein Hunderttheil eines Millimeters überschreite, woraus hervorzugehen scheint, dass diese allgemein ausgesprochene Wahrnehmung, wenn nicht an Borda's Schneide selbst gemacht, doch, nach Laplace's Meinung, mit dieser vereinbar ist. Mufs man aber eine Abstumpfung der Schneide von $0,01$ Lin. für wahrscheinlich, dagegen den anderen Theil der Angabe, dass die Schneide einen Halbcylinder bilde, wegen Unzulänglichkeit eines Vergrößerungsglases zur Beurtheilung des Krümmungshalbmessers einer so kleinen Fläche, für nicht hinreichend begründet halten, so scheint man nicht mit Sicherheit behaupten zu können, dass der Einfluss der Abstumpfung der Schneide auf Borda's Resultat ganz unmerklich sei. Vielleicht ist Borda's Schneide noch unverändert vorhanden, in welchem Falle es nicht schwer werden wird, durch eine neue Reihe von Versuchen mit

einem weit kürzeren Pendel, dieser höchst ausgezeichneten Operation entweder die Bestätigung zu verschaffen, oder die ihr anzubringende Verbesserung zu finden.

28.

Hier muß ich auch der Versuche erwähnen, welche ich in der Absicht gemacht habe, zu bestimmen, wie sich die Mittelpunkte der Bewegung der drei, im 18^{ten} Art. beschriebenen Aufhängungsarten der Pendel an meinem Apparate, gegen die Aufhängungspunkte selbst verhalten.

Es ist dazu nöthig, die Entfernung der Ebene am Aufhängungsrahmen, auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, von dem Nullpunkte der Mikrometervorrichtung am unteren Ende des Pendelapparats, oder vielmehr die durch F bezeichnete Constante, unmittelbar zu messen. Wenn man den Apparat durch eine Einrichtung zu dieser Messung vermehrt, so ergiebt er nicht nur den Unterschied der beiden Pendellängen, sondern auch die Längen beider Pendel selbst. Indem aber die aus dem Unterschiede gefolgerte Länge des einfachen Secundenpendels, von der Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung frei ist, so wird durch die Vergleichung derselben mit der Länge eines der beiden Pendel, diese Einwirkung bekannt. Man sieht, daß der so vermehrte Apparat eigentlich eine dreifache Bestimmung der Länge des Secundenpendels gewährt, sowohl aus der gemessenen Länge des kurzen Pendels, als aus der des langen (welche die Summe der vorigen und der Toise ist) und aus dem Unterschiede beider Längen. Die letzte allein ist aber frei von jeder Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung und eben so von dem Halbmesser und der Voraussetzung der Gleichförmigkeit der Materie der Kugel.

Herr Repsold hatte die Güte, mir eine Einrichtung zur Messung der Constante F zu verfertigen. Dieses ist eine Stange von Stahl von 453 Lin. Länge; auf ihre obere polirte, ebene Fläche wird ein Cylinder von Stahl von 1 Lin. Durchmesser und 3 Lin. Länge, durch eine starke Feder aufgedrückt, welcher dann über beide Seiten der Stange hervorragt; die Dicke der Stange ist nicht größer als die Weite des Einschnitts der Ebene auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, so daß sie, mittelst des über ihre beide Seiten hervorstehenden Cylinders, an derselben Ebene aufgehängt werden kann, wodurch ihr oberes Ende mit

dieser Ebene zusammenfällt. Mit dem unteren, abgerundeten Ende, trifft diese Stange, wenn der Aufhängerahmen so aufgelegt ist wie bei dem Gebrauche des kurzen Pendels, auf die Stahlplatte am Fühlhebel. Ihr Gewicht ist dem Gewichte der Pendelkugel von Messing gleich, so daß der Aufhängerahmen bei den Versuchen mit dem Pendel und bei der Messung, eine gleiche Spannung erfährt.

Nach der Ankunft dieser Einrichtung ersuchte ich Herrn Anger, vier Reihen von Coincidenzen mit dem kurzen Pendel, mit der Schneide und der Kugel von Messing zu beobachten, zwischen welchen sowohl der Faden, als der Fühlhebel umgekehrt wurden; die Messungen an der Mikrometerschraube und die Vergleichen der Uhren übernahm ich selbst. Vor und nach diesen Versuchen wurde die Meßstange angewandt.

Diese vier Versuche habe ich nicht im Originale mitgetheilt, theils weil das Maafs der Genauigkeit der Coincidenz-Beobachtungen aus den früheren hinreichend bekannt ist und Herr Anger hier wenigstens denselben Erfolg erhalten hat; theils weil sie keinen Einfluß auf das Hauptresultat dieser Abhandlung haben. Ich führe also hier nur die Schwingungszeiten für unendlich kleine Winkel und die übrigen, zur Rechnung nothwendigen Data an:

	Schwingungszeit.	Barometer.		Temperatur von F .	Schraube des Fühlhebels.
	M. Z.				
1827 November 22	1,0001360	331, ^L 01	+ 2, ⁵	+ 3, ²	19, ^R 294
	23	1,0001399	333,56	+ 2,8	19,294
	23	1,0001098	331,56	+ 2,4	19,5505
	26	1,0001125	338,86	+ 2,4	19,527

Die Messungen an der Schraube des Fühlhebels ergeben:

Gemessene Länge = F	- 1,7403	- 1, ^L 7403	- 1, ^L 7635	- 1, ^L 7613
Temperatur von F	+ 0,0176	+ 0,0186	+ 0,0156	+ 0,0160
Elasticität des Fadens	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0014
Länge des Pendels = F	- 1,7213	- 1,7203	- 1,7465	- 1,7439

Die Berechnung der Schwingungszeiten, unter Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels = $440,^L81 + \epsilon$, und des im 21^{ten} Art. bestimmten Werthes von k , geben folgende Resultate:

Länge des entsprechenden einfachen Pendels	440, ^L 9299	440, ^L 9333	440, ^L 9068	440, ^L 9092
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 1332	— 0, 1329	— 0, 1323	— 0, 1353
— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0, 0535	— 0, 0535	— 0, 0535	— 0, 0535
— auf F	+ 1, 7213	+ 1, 7203	+ 1, 7465	+ 1, 7439
Resultat des Versuchs	$F = 442, 4645$	442, 4672	442, 4675	442, 4643

Die Reduction auf das zusammengesetzte Pendel ist mit dem Gewichte des Fadens = 3,64 Gran, übrigens aber mit denselben Elementen berechnet, welche für das Pendel mit der Schneide, in der VII. Beilage, angewandt worden sind.

Als die Mefsstange aufgehängt war, ergab die Messung mit der Mikrometerschraube, im Mittel aus häufigen, immer fast vollkommen übereinstimmenden Beobachtungen:

Schraube des Fühlhebels.	e'	e''	l'	l''
$18,4069$	$3,65$	$3,64$	$3,53$	$3,60$

Für die Temperatur dieser Messung ist die Constante = $F + 0,40197$; diese, um die Angabe der Mikrometerschraube = $1,6298$ vermindert, und um den Halbmesser der Pendelkugel für $3,53$ Temperatur (= a) vermehrt, ist die Länge der Mefsstange für $\frac{1}{2} \{3,53 + 3,60\} = 3,565$ Temperatur (= b). Man erhält also

$$F = b - a + 1,6101.$$

Um die Länge b zu bestimmen, habe ich die Toise auf eine horizontale Ebene gelegt und die Mefsstange auf dieselbe, so dafs das obere Ende derselben mit einer der Endflächen der Toise zusammenfiel, welches man durch einen geraden, an das Ende der Toise angedrückten Cylinder, an welchen auch die Stange angeschoben wird, erlangt: dann habe ich auf das untere, abgerundete Ende der Stange, eins der Pistorischen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope eingestellt, und, ohne die Toise zu verrücken, diese Operation am anderen Ende derselben wiederholt, so dafs ein zweites dieser Mikroskope den nunmehrigen Ort des unteren Endes der Stange angab. Auf diese Art erhielten die Mikroskope eine Entfernung welche dem Überschusse der doppelten Länge der Stange über die Länge der Toise, gleich war, und welche nun auf einer, von den

Herren Pistor und Schiek in Berlin verfertigten, auf in Messing eingelegtes Silber schön getheilten Scale, durch die Schraube des einen der Mikroskope gemessen wurde. Im Mittel aus mehreren Wiederholungen ergab sich dieser Überschufs = $41,^L9973$ bei der Temperatur = $4,^{\circ}04$ C. Für diese Temperatur ist die Länge der Toise = $863,^L8790$; der gemessene Überschufs ist, da die Scale ihre wahre Länge bei der Normaltemperatur der Toise erlangt = $41,^L9882$; also ist die Länge der Stange für dieselbe Temperatur = $452,^L9336$, und wenn man die Ausdehnung $0,0000114$ für jeden Grad des Thermometers annimmt, $b = 452,^L9311$.

Der Halbmesser der Kugel ist zwar in der VII. Beilage, durch das Gewicht des Wassers welches sie aus dem Wege drängt = $12,^L082$ bestimmt worden; allein da er hier einen directen Einfluß auf das Resultat erlangt, so habe ich ihn unmittelbar gemessen. Dieses geschah dadurch, dafs in die Ebene von Holz auf welcher die Toise lag, eine Vertiefung von 10 Linien gemacht wurde, an deren einen Rand ich ein eben und rechtwinklicht geschliffenes, etwas über 2 Linien dickes Stück Messing so befestigte, dafs sowohl die Kugel als die Toise an dasselbe angeschoben werden konnten; auf die Toise wurde die Scale von Pistor und Schiek befestigt und die Gröfse der Verschiebung durch ein Mikroskop gemessen. Hierdurch erhielt ich den Durchmesser der Kugel, in der Temperatur $3,^{\circ}90 = 24,^L1619$; da die Scale und die Kugel aus demselben Metalle bestehen, so ist dieses ihr wahrer Durchmesser für die Normaltemperatur der Toise, und man erhält den für $3,^{\circ}53$ stattfindenden = $24,^L1564$ oder $a = 12,^L0782$.

Demzufolge ist $F = 442,^L4630$; nach der Bestimmung durch die Pendelschwingungen ist es im Mittel = $442,^L4659 + 1,0002 \cdot \epsilon$; setzt man, für ϵ seinen aus dem 20^{ten} Art. bekannten Werth = $+ 0,^L0047$, so wird es = $442,^L4706$, und die Vergleichung beider Bestimmungen ergibt den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels $0,^L0076$ über der Ebene auf welcher die Schneide ruhet. Dieser Unterschied mag zum Theil aus den Fehlern der in diesem Art. beschriebenen Operation entstanden sein, vielleicht auch aus der Voraussetzung, dafs der Schwerpunkt und der Mittelpunkt der Kugel zusammenfallen, welche, durch Umkehren der Kugel, hätte unschädlich gemacht werden müssen; wenn die Bestimmung der Pendellänge aus Versuchen mit einem Pendel hätte abgeleitet werden sollen; man sieht aber daraus, dafs dieser Versuch keinen Grund giebt anzunehmen, dafs eine so schön

gearbeitete Schneide wie die von Herrn Repsold, womit diese Versuche gemacht worden sind, den Mittelpunkt der Bewegung merklich zu tief gebe. Hierdurch wird das bestätigt was ich über die Einwirkung der cylindrischen Figur der Schneiden auf Herrn Kater's Bestimmung gesagt habe. Es geht übrigens aus diesem Versuche hervor, dafs die Beobachtungen welche ich gemacht habe, aus beiden Pendeln einzeln genommen, nahe dasselbe Resultat gegeben haben würden, welches aus ihrem Unterschiede folgt. Dafs aber sowohl der Abwickelungs-Cylinder als die Klemme, den Mittelpunkt der Bewegung (Art. 18 und 19) um einige Hundertheile einer Linie zu tief ergeben, ist nicht mehr zu bezweifeln.

29.

In dem Werke des Herrn Sabine findet sich eine Bemerkung welche grofse Aufmerksamkeit verdient, indem sie auf die Richtigkeit der Bestimmungen der absoluten Pendellänge neue Zweifel wirft. Er liefs nämlich seine beiden unveränderlichen Pendel sowohl auf denselben Agatebenen schwingen, welche Herr Kater zu seinen Versuchen gebraucht hatte, als auch auf den zu diesen Pendeln selbst gehörenden: obgleich kein Unterschied unter diesen Ebenen sichtbar war, so machte doch eins der Pendel auf seinen eigenen Ebenen, täglich 1,46 Schwingungen mehr, als auf den Katerschen; das andere zeigte diesen Unterschied (welcher mit $0,^L015$ in der Länge des Secundenpendels correspondirt) nicht. Die ausgezeichnete Übereinstimmung aller Versuche von Sabine läfst keinen Zweifel über die Wirklichkeit des Unterschiedes; dennoch fand er, unter dem Anscheine nach ganz gleichen Umständen, bei dem zweiten Pendel nicht statt. Es war daher keine Hofnung vorhanden, seine Ursache, durch Versuche auf verschiedenen Ebenen von derselben Materie, zu entdecken; allein es schien der Mühe werth, das im 26^{ten} Art. beschriebene Pendel auf Unterlagen von sehr verschiedener Härte und Politur schwingen zu lassen, weil sich dadurch weit gröfsere Unterschiede ergeben konnten, von welchen dann einiger Aufschlufs über die Natur und den Einflufs dieser Einwirkung zu erwarten war. Ich machte daher Versuche auf Ebenen von Agat, von mattgeschliffenem Glase und von Stahl, auf Glas-Cylindern und auf Ebenen und Cylindern von Messing. Alle diese Versuche wurden mit beiden Schneiden des Pendels

wiederholt: die meisten Coincidenzen sind von Herrn Anger beobachtet. Die Form ihrer Mittheilung ist die bereits im 26^{ten} Art. angewandte.

Die auf den härteren Unterlagen — von Agat, mattgeschliffenen Glasplatten, Glasröhren von 42 Lin. Durchmesser, und sehr harten Stahlebenen — gemachten Versuche werde ich zuerst anführen:

1) Großes Gewicht unten:

		t	Barometer.		τ	l'	
1826 Decbr.	16	Agatebenen	1,0001505	338,66	+ 2,7	+ 2,64	440,8572 — 0,0695 . k
	21	Glasebenen	1,0001436	334,17	+ 2,0	+ 1,86	440,8580 — 0,0687 . k
	19	Glasröhren	1,0001510	337,73	+ 2,0	+ 2,56	440,8585 — 0,0692 . k
1827 Apr.	19	Agatebenen	1,0002455	337,82	+ 12,4	+ 12,01	440,8700 — 0,0668 . k
	21	Dieselben	1,0002455	335,24	+ 13,1	+ 12,34	440,8680 — 0,0662 . k
	20	Stahlebenen	1,0002459	337,65	+ 13,7	+ 12,57	440,8662 — 0,0666 . k
	20	Dieselben	1,0002364	336,45	+ 12,1	+ 11,73	440,8644 — 0,0666 . k

2) Großes Gewicht oben:

		t	Barometer.		τ	l'	
1826 Decbr.	16	Agatebenen	1,0001387	335,68	+ 2,7	+ 2,40	440,8488 — 0,0694 . k'
	21	Glasebenen	1,0001316	333,96	+ 2,2	+ 2,08	440,8458 — 0,0686 . k'
	19	Glasröhren	1,0001299	337,84	+ 2,0	+ 2,16	440,8428 — 0,0694 . k'
1827 Apr.	19	Agatebenen	1,0001908	337,79	+ 12,9	+ 12,12	440,8210 — 0,0668 . k'
	21	Dieselben	1,0001817	335,20	+ 13,7	+ 12,51	440,8105 — 0,0662 . k'
	20	Stahlebenen	1,0001825	337,55	+ 13,8	+ 12,74	440,8092 — 0,0666 . k'
	20	Dieselben	1,0001807	336,35	+ 12,3	+ 11,78	440,8149 — 0,0666 . k'

Der Zustand des Pendels bei den drei ersten Versuchen blieb derselbe; eben so bei den vier letzten; zwischen beiden Reihen wurde er aber verändert. Die Versuche zeigen keine entschiedene Einwirkung der Unterlagen auf die Schwingungszeiten des Pendels, welche selbst bei den Glasröhren, welche von den Schneiden nur in einem Punkte berührt werden, den Werth behalten haben, den sie auf den übrigen Unterlagen hatten. Vielleicht wäre, aus öfterer Wiederholung der Versuche, ein kleiner mittlerer Unterschied hervorgegangen; allein seine Auffindung schien mir kaum ein Interesse zu haben, da man aus der Erfahrung des Herrn Sabine schon weiß, daß dergleichen Unterschiede auch vorkommen können, wenn die verschiedenen Unterlagen von gleicher Materie sind.

Ganz verschieden zeigten sich aber die Schwingungszeiten, als die Schneiden auf Ebenen von gehämmertem Messing gelegt wurden, deren Oberflächen abgeschliffen, aber nicht polirt waren. Auf diesen Unterlagen wurden folgende Versuche gemacht.

1) Großes Gewicht unten:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Decbr. 20	Messingebenen	1,0001124	335,58	+ 2,1	+ 1,96	440,8290 — 0,0689.k
1827 Oct. 7	Agateebenen ...	1,0002979	337,80	12,7	12,43	440,9133 — 0,0664.k
	7 Messingebenen	1,0002751	337,52	13,3	12,85	440,8901 — 0,0662.k
	9 Agateebenen ...	1,0003135	334,86	15,8	14,16	440,9145 — 0,0654.k
	10 Messingebenen	1,0002709	334,86	15,8	14,67	440,8730 — 0,0653.k

2) Großes Gewicht oben:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Decbr. 20	Messingebenen	1,0000619	335,52	+ 2,0	+ 2,18	440,7833 — 0,0689.k'
1827 Oct. 7	Agateebenen ...	1,0002433	337,78	12,8	12,62	440,8638 — 0,0663.k'
	7 Messingebenen	1,0002198	337,40	13,6	13,17	440,8390 — 0,0664.k'
	8 Agateebenen ...	1,0002530	336,31	14,5	13,83	440,8633 — 0,0657.k'
	10 Messingebenen	1,0001680	334,83	15,8	14,86	440,7810 — 0,0652.k'

Bei dem ersten Versuche, verglichen mit den drei oben angeführten Versuchen auf härteren Unterlagen, zeigt sich ein Einfluss der Messingebenen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels, von $-0,0280$ und $-0,0625$; der zweite Versuch ergibt denselben $-0,0238$ und $-0,0246$; der dritte $-0,0409$ und $-0,0826$. Sie stimmen daher bei weitem nicht so gut überein, als ähnliche Versuche auf härteren Unterlagen, so dass man annehmen kann, dass die Messingebenen die Schwingungszeiten auf eine Art stören, welche von der Verschiedenheit im Auflegen des Pendels, oder von Umständen abhängt welche man nicht kennt. Indessen geben alle drei Versuche beträchtlich kürzere Schwingungszeiten als die Versuche auf härteren Unterlagen, und der Unterschied ist für die zweite Aufhängung des Pendels größer als für die erste. Die Abnahme der Schwingungswinkel war nicht beträchtlich verschieden von der welche sich zeigt wenn man das Pendel auf härteren Unterlagen schwingen lässt; die einzelnen Coincidenzen stimmten eben so gut untereinander als gewöhnlich, so dass kein Einfluss der Schwingungswinkel bemerkt wurde. Nachdem die Versuche beendet waren,

untersuchte ich die Ebenen, und fand bei den beiden ersten, daß die Schneide keinen Einschnitt in dieselben gemacht, sondern nur eine sehr feine, sich von den übrigen Stellen der mattgeschliffenen Flächen durch ihren Glanz auszeichnende Linie, hervorgebracht hatte; bei den vier späteren Versuchen war ein sehr feiner Einschnitt sichtbar, dessen Breite aber so gering war, daß ich vergebens versuchte, sie unter dem Mikroskope zu messen. —

Der beträchtliche Einfluß welchen die Messingebenen auf die Schwingungszeiten des Pendels gehabt haben, liefs erwarten, daß man einen noch größeren erhalten würde, wenn man die Schneiden auf Cylinder von derselben Materie legte. Ich versuchte daher auch diese; allein sie gaben einen so großen und mit den Schwingungswinkeln so veränderlichen Einfluß, daß es nöthig wird die Versuche im Einzelnen vorzulegen.

Der erste wurde am 18^{ten} December 1826 gemacht; die Unterlagen waren Stücke von Messingdraht von 1 Lin. Durchmesser, welche aber abgedreht und polirt wurden. Als das große Gewicht unten war, bewegte das Pendel sich folgendermaßen:

$\left. \begin{array}{l} \overbrace{\text{von } 43',7 \text{ bis } 31',2} \\ 34,2 - 26,0 \\ 26,0 - 20,2 \\ 20,2 - 17,1 \\ 17,1 - 13,7 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{0,9998277} \\ 0,9997884 \\ 0,9997686 \\ 0,9997624 \\ 0,9997535 \end{array} \right\}$	$339',32 + 2^\circ,0$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{+ 2^\circ,04} \\ 2,05 \\ 2,08 \\ 2,13 \\ 2,16 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{440',5772} \\ 5425 \\ 5248 \\ 5189 \\ 5108 \end{array} \right\}$	$- 0,0696 \cdot k$
---	--	-----------------------	---	--	--------------------

als es oben war:

$\left. \begin{array}{l} \overbrace{\text{von } 59',4 \text{ bis } 32',5} \\ 32,5 - 19,5 \\ 19,5 - 13,7 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{0,9995905} \\ 0,9994995 \\ 0,9994446 \end{array} \right\}$	$339',32 + 2^\circ,0$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{+ 2^\circ,12} \\ 2,12 \\ 2,12 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{440',3676} \\ 2874 \\ 2389 \end{array} \right\}$	$- 0,0696 \cdot k$
---	--	-----------------------	---	--	--------------------

Dieser Versuch wurde am 22^{sten} December, mit neuen Messingcylindern von 1,63 L. Durchmesser wiederholt; er ergab nun für beide Lagen des Pendels,

$\left. \begin{array}{l} \overbrace{\text{von } 87',8 \text{ bis } 63',5} \\ 63,5 - 46,1 \\ 46,1 - 34,8 \\ 34,8 - 27,0 \\ 27,0 - 21,2 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{1,0000431} \\ 1,0000110 \\ 0,9999771 \\ 0,9999493 \\ 0,9999290 \end{array} \right\}$	$337',31 + 2^\circ,0$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{+ 2^\circ,00} \\ 2,04 \\ 2,09 \\ 2,14 \\ 2,20 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \overbrace{440',7663} \\ 7393 \\ 7090 \\ 6841 \\ 6657 \end{array} \right\}$	$- 0,0691 \cdot k$
---	--	-----------------------	---	--	--------------------

$$\left. \begin{array}{l} \overbrace{\text{von } 81',3 \text{ bis } 39',3}^{u'} \\ 39,3 - 22,9 \\ 22,9 - 14,0 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \overbrace{0,9997143}^t \\ 0,9995826 \\ 0,9995067 \end{array} \right\} 337',74. + 2',0 \left. \begin{array}{l} \overbrace{+ 2',17}^{\tau} \\ 2,21 \\ 2,25 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \overbrace{440',4765}^{l'} \\ 3600 \\ 2928 \end{array} \right\} - 0,0693 \cdot k'$$

Die Stellen der Messingcylinder wo die Schneiden gelegen hatten, wurden unter dem Mikroskope untersucht; es fanden sich Einschnitte deren Breite $= 0,^t01$ bis $0,^t013$, deren Tiefe aber weit geringer war. Die Abnahme der Schwingungswinkel war weit gröfser als auf den härteren Unterlagen, wie die folgende Zusammenstellung der in beiden Versuchen und den früheren beobachteten zeigt:

I.		II.		Härtere Unterlagen.	
u'	Schwin- gungen.	u'	Schwin- gungen.	u'	Schwin- gungen.
$43',7$	0	$87',8$	0	$82',9$	0
$34,2$	885	$63,5$	802	$68,4$	770
$26,0$	1787	$46,1$	1619	$56,0$	1544
$20,2$	2698	$34,8$	2450	$47,0$	2320
$17,1$	3612	$27,0$	3292	$39,5$	3097
$13,7$	4530	$21,2$	4142	$33,5$	3874
				$28,4$	4652
				$24,2$	5431
$59,4$	0	$81,3$	0	$94,3$	0
$32,5$	987	$39,3$	929	$65,0$	772
$19,5$	2025	$22,9$	1925	$46,4$	1550
$13,7$	3095	$14,0$	2962	$33,6$	2331
				$24,5$	3112
				$18,9$	3895

Vergleicht man die aus diesen beiden Versuchen hervorgehenden Werthe von l' mit den auf den härteren Unterlagen bestimmten, so erhält man folgende Einwirkungen der Messingcylinder auf dieselben:

1 ^{ter} Versuch.				2 ^{ter} Versuch.			
u'		u'		u'		u'	
$39',0$	$- 0,^L2807$	$46',0$	$- 0,^L4782$	$75',7$	$- 0,^L0916$	$60',3$	$- 0,^L3693$
$30,1$	$- 0,3154$	$26,0$	$- 0,5584$	$54,8$	$- 0,1186$	$31,1$	$- 0,4858$
$23,1$	$- 0,3331$	$16,6$	$- 0,6069$	$40,5$	$- 0,1489$	$18,5$	$- 0,5530$
$18,7$	$- 0,3390$			$30,9$	$- 0,1738$		
$15,4$	$- 0,3471$			$24,1$	$- 0,1922$		

30.

Man wird gewifs nicht Pendelschwingungen auf weicheren Unterlagen beobachten, während härtere vorhanden sind, also auch nicht Gefahr laufen, so große Unsicherheiten in die Resultate zu bringen, als die sind, welche die Anwendung von Messingebenen und Cylindern gegeben hat. Allein dennoch halte ich die auf diesen Unterlagen gemachten Versuche für lehrreich, indem sie die Natur der Einwirkung aufklären. Es scheint zwischen den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, und denen auf härteren Unterlagen, kein wesentlicher Unterschied zu sein, indem auch jene Ebenen keinen bleibenden Eindruck der Schneide erlitten; der große Einfluß derselben wäre dann die Wirkung einer auch bei den härteren Unterlagen stattfindenden, nur bei den Messingebenen stärker hervortretenden Ursache.

Es schien mir daher der Mühe werth, der Natur der Einwirkung der Unterlagen auf die Schneiden noch weiter nachzuspüren, und namentlich durch hinreichend feine Versuche zu entscheiden, ob die Schneiden, wie man immer vorausgesetzt hat, wirklich festliegen, oder ob sie durch die Schwingungen eine kleine Bewegung erhalten. Zu diesen Versuchen wandte ich eine Vorrichtung an, welche Fig. 10. Taf. II. in halber Größe abgebildet ist. Das Wesentliche derselben ist eine Rolle von Stahl von 0,85 Lin. Halbmesser, an welches ein 36 Lin. langer Zeiger, mit einem Gegengewichte für die Schwere desselben versehen, befestigt ist, und welche sich um einen feinen Zapfen dreht. Wenn diese Rolle unter die Schärfe der Schneide gedrückt wird, so daß ihre Axe sich nicht bewegen kann, so muß sie eine Drehung annehmen, wenn die Schneide sich bewegt; diese Drehung zeigt der Zeiger 42 Mal vergrößert; allein wenn man gegen denselben ein Mikroskop richtet so wird die Vergrößerung noch weit stärker, und man wird auch im Stande sein, mit einem Mikrometer im Mikroskope, die Ausdehnung der Bewegung zu messen. Um die Rolle gegen die Schneide des auf seinen Unterlagen befindlichen Pendels drücken zu können, sind die Löcher für ihren Zapfen an dem kurzen Arme eines Hebels befindlich, welcher sich um zwei, auf dem Rahmen der Agatebenen oder anderen Unterlagen ruhende scharfe Spitzen dreht, während der lange Arm desselben so belastet ist, daß die Rolle mit einem Gewichte von etwa einer Unze gegen die Schneide

drückt. Gegen den Zeiger wurde eins der Pistor'schen Mikroskope gerichtet, indem es, in horizontaler Lage, auf dem Rahmen der Unterlage befestigt wurde; da man damit den Tausendsten Theil einer Linie noch deutlich erkennt, so mußte eine Bewegung der Schneide sichtbar werden, wenn sie auch nur den Vierzigtausendsten Theil einer Linie betrug. Es ist klar, daß das Rollen der cylindrischen Schneide auf den Unterlagen, keine Verrückung des Zeigers verursachen kann; allein wenn die Schneide nicht gerade, oder vielmehr der die Rolle berührende Punkt derselben, nicht in gerader Linie, mit den auf den Lagern aufliegenden Theilen ist, so muß eine Bewegung erfolgen, wodurch es nöthig wird, durch Veränderung der Versuche, diesen Fehler auszuschließen oder zu verkleinern.

Zu diesen Versuchen über die Bewegung der Schneiden während der Schwingungen des Pendels, wurde wieder das im 26^{ten} Art. beschriebene Pendel angewandt. Ich fand auf allen Unterlagen kleine Bewegungen, immer nach der Richtung der Bewegung des Pendels: die Schneiden bewegen sich immer rechts, wenn das Pendel sich rechts bewegt und umgekehrt. Die Ausdehnung dieser Bewegung ist, den Versuchen zufolge, den Schwingungswinkeln proportional und für beide Schneiden gleich; sie schien für Agat-Glas- und Stahlebenen und für Glascylinder genau gleich, und für jeden Grad des Schwingungswinkels $u' = 0,^t00004$ zu sein; für Messingebenen $= 0,^t00033$; für Messingcylinder von 1,63 Lin. Durchmesser $= 0,^t00049$. Die sehr starke Vergrößerung unter welcher diese Bewegungen beobachtet wurden, zeigte, bei den beiden letzten Unterlagen deutlich, daß das Maximum ihrer Schnelligkeit, mit dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie zusammenfällt. Die angegebenen Größen aber sind weit weniger genau als man mit dem Apparate messen kann; denn es zeigten sich, vorzüglich bei den weicheren Unterlagen, Unterschiede, welche weit außer den Grenzen der Messungsfehler lagen, so daß z. B. bei mehreren Wiederholungen des Versuchs auf den Messingcylindern, die Bewegung für einen Grad des Schwingungswinkels $= 0,^t00034$ gefunden wurde; ich habe daher nur Mittel aus vielen Resultaten angeben können, deren jedes ohne Zweifel von der Härte und Beschaffenheit der Stelle der Unterlage abhängig war, wo die Schneide jedesmal lag.

Diese Versuche zeigen, daß die großen, im vorigen Art. angeführten Einwirkungen der Messingcylinder auf die Schwingungszeiten, nicht einer

Bewegung der Schneiden zugeschrieben werden dürfen. Bezeichnet man die beobachteten Einwirkungen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, in beiden Lagen des Pendels, durch i und i' , so entsprechen sie, nach den oben angeführten Entfernungen des Schwerpunkts von den Schneiden, Änderungen des Mittelpunkts der Bewegung von resp. $\frac{9}{5}i$ und $-\frac{4}{5}i'$; sollten diese wirklich stattfinden, so müßte der ruhende Punkt des Pendels nicht in der Schärfe der Schneide selbst liegen, sondern für die erste Schneide $\frac{9}{5}i$ unterhalb, für die andere $\frac{4}{5}i'$ oberhalb derselben, woraus also Bewegungen der Schneiden folgen würden, welche $\frac{1.6}{5}i \sin u'$ und $-\frac{8}{5}i' \sin u'$ betragen. Beide sind ungleich kleiner beobachtet worden, die erste sogar nach der entgegengesetzten Richtung.

Auch können die beobachteten Bewegungen nicht der Unzulänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Schneiden zugeschrieben werden. Da nämlich das Pendel ein fester Körper ist, welcher sich nicht um eine seiner freien Axen dreht, so ist eine Kraft erforderlich um seine Drehungsaxe fest zu halten; diese Kraft ist die Reibung auf den Unterlagen, allein wenn sie nicht völlig ausreichte, und daher die Bewegung der Schneiden nicht ganz aufhobe, sondern nur auf eine kleine Quantität, im Verhältnisse $1 : a$ reducirte, so würde diese übrig bleibende Bewegung immer der Schwingungsbewegung entgegengesetzt sein und den Ausdruck $-2a s u'$ haben, wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide bedeutet. Sie müßte also nicht nur in der Richtung verschieden, sondern auch für beide Schneiden von ungleicher Größe sein; beides gegen die Erfahrung, welche also keinen Grund giebt, die Hindlänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Axe zu bezweifeln.

Man sieht daher aus den Versuchen über die Schwingungszeiten und die Bewegung der Schneide, daß die Unterlagen der Bewegung des Pendels eine Kraft entgegensetzen. Allein jede Kraft welche nur auf die Schärfe der Schneide wirkt, kann keinen Einfluß auf die Schwingungszeit haben: die Kraft muß also aus einem Eindrücke entstehen, welchen die Schneide in die Unterlage macht, so daß Punkte der ersteren, welche über der Schärfe liegen, mit der letzteren in Berührung kommen; oder aus einer Veränderung der Figur der Schneide durch den Druck und die Bewegung des Pendels; oder aus einer Zusammenwirkung beider Ursachen. Doch ist die zweite Ursache allein nicht hinreichend die Versuche zu erklären, indem

verschiedene Unterlagen dann gleiche Schwingungszeiten geben müßten. Die Versuche zeigen daher, daß die Schneide in die Unterlage einen Eindruck macht, woran aber auch aus anderen Gründen nicht gezweifelt werden kann.

Um die Art wie dieser Eindruck auf die Schwingungszeiten wirkt, näher zu untersuchen, habe ich, den in diesem Artikel angeführten Versuchen gemäß, angenommen, daß die Bewegung der Schneide den Schwingungswinkeln proportional ist; hieraus folgt, daß ein Punkt in der Axe des Pendels, über der Schneide, vorhanden ist, welcher auch bei der Bewegung, in derjenigen lothrechten Ebene bleibt, in welcher die Axe des Pendels und die Schneide, im Zustande der Ruhe sich befinden. Die Entfernung dieses Punkts von der Schneide, welche ich durch h bezeichnen werde, wird durch die Ausdehnung der Bewegung der Schneide und den Schwingungswinkel bestimmt, und findet sich, aus den angeführten Angaben,

$$\begin{aligned} \text{für die härteren Unterlagen} &= 0,0012 \\ \text{für Messingebenen} &\dots\dots\dots 0,0095 \\ \text{für Messingcylinder} &\dots\dots\dots 0,0140. \end{aligned}$$

Nimmt man nun an, daß der Schneide eine Kraft Q entgegenwirkt, welche von dem Orte der Schneide auf der Unterlage abhängig ist, oder

$$Q = a^{(0)} + a^{(1)}h \sin u + a^{(2)}h^2 \sin u^2 + \text{u. s. w.} \dots$$

wo $h \sin u$ die Entfernung der Schneide von dem Orte welchen sie bei der Ruhe des Pendels einnimmt, ist, so erhält man, der X. Beilage zufolge, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, die dem ungestörten Pendel entsprechende $= l$ gesetzt:

$$l' = l + 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2} a^{(1)}h + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} a^{(3)}h^3 \sin u'^2 + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} a^{(5)}h^5 \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\}$$

die Abnahme des Schwingungswinkels, während einer Schwingung

$$= \frac{2h}{s} \left\{ a^{(0)} + \frac{1}{3} a^{(2)}h^2 \sin u'^2 + \frac{1}{5} a^{(4)}h^4 \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

Man sieht hieraus, daß die geraden Glieder im Ausdrucke der Kraft Q , vermöge welcher diese Kraft während der ganzen Schwingung der Bewegung entgegenwirkt, nur den Winkel ändern, auf die Zeit aber keinen Einfluß haben; daß dagegen die ungeraden Glieder, vermöge welcher die Kraft in

der ersten Hälfte der Schwingung die Bewegung befördert, in der zweiten hindert, die Zeit, aber nicht den Winkel ändern. Die beobachtete Einwirkung der Messingebenen muß also von den ungeraden Gliedern herrühren, indem sie nur die Zeit änderte; sie muß ferner aus dem ersten dieser Glieder entstanden sein, indem nur dieses einen vom Schwingungswinkel unabhängigen Einfluß giebt, so wie die Versuche erfordern, welche für größere und kleinere Winkel übereinstimmende Zeiten ergeben.

Die Reibung, so wie man sie anzunehmen pflegt, ist eine constante, stets entgegenwirkende Kraft und wird daher durch $a^{(0)}$ der Formel dargestellt. Diese Kraft ist aber nicht mit den Versuchen vereinbar, denn sie hat keinen merklichen Einfluß auf die Schwingungszeit, und einen viel zu großen auf den Winkel. Setzt man nämlich $a^{(0)} = \frac{1}{s}$, welche Größe man der Reibung gewöhnlich beilegt, und $h = 0,0095$ für die Messingebenen, so erhält man die Abnahme des Winkels, für beide Lagen des Pendels, $= 2,6$ und $5,9$, welche Zahlen so sehr viel größer sind als die ganze beobachtete, durch den Widerstand der Luft erklärliche Abnahme, daß dieser Versuch der Annahme einer solchen Reibung bestimmt widerspricht.

Die Größe des Coefficienten $a^{(1)}$ welche angenommen werden muß um den Versuch zu erklären, kann indessen nicht absolut bestimmt werden, sondern nur abhängig von dem ähnlichen, zu den härteren Unterlagen gehörenden Coefficienten. Wenn sich nämlich $l, h, a^{(1)}$ auf die Messingebenen, $l', h', a^{(1)}$ auf die härteren Unterlagen beziehen, so hat man

$$l = l + 2h - \frac{l}{s} h^2 a^{(1)}$$

$$l' = l + 2h' - \frac{l}{s} h'^2 a^{(1)}$$

oder

$$l - l' = 2h - 2h' - \frac{l}{s} (h h a^{(1)} - h' h' a^{(1)})$$

Wenn man ferner das Maximum der Kraft Q , den am Anfange und am Ende der Schwingung wirkenden Werth derselben, für beide Arten der Unterlagen, durch Q' und Q'_i , bezeichnet, so hat man

$$Q = a^{(1)} h \sin u'; \quad Q'_i = a^{(1)} h' \sin u'$$

und wenn man $a^{(1)}$ und $a^{(1)}$ hierdurch eliminiert,

$$\frac{h}{h - h'} Q - \frac{h'}{h - h'} Q'_i = \frac{s}{l} \left\{ \frac{l'_i - l'}{h - h'} + 2 \right\} \sin u'$$

Giebt man den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, den Vorzug vor den späteren, indem jene die Störung der Schwingungszeit zeigten, ohne daß die Oberfläche der Ebenen einen bleibenden Eindruck erhielt, was bei den späteren nicht der Fall war, so hat man für beide Lagen des Pendels

$$\begin{array}{r} l' - l' \dots \dots \dots + 0,^L 0280 ; \quad + 0,^L 0625 \\ s \dots \dots \dots 305,3 ; \quad 135,7 \\ h \dots \dots \dots 0,0095 ; \quad 0,0095 \\ h, \dots \dots \dots 0,0012 ; \quad 0,0012 \end{array}$$

woraus also

$$\frac{95}{83} Q' - \frac{12}{83} Q' = 3,7 \text{ Sin } u' \quad \text{und} \quad 3,0 \text{ Sin } u'$$

hervorgeht; man sieht hieraus, daß die Kraft welche man annehmen muß um den Versuch zu erklären, selbst bei Schwingungswinkeln von $1\frac{1}{2}^\circ$, noch nicht den zehnten Theil der Schwere beträgt, also auch weit unter der Gröfse bleibt, welche man der Reibung beizulegen pflegt. Ich bemerke übrigens, daß unter Q die Summe aller, auf die Schneide reducirten Kräfte verstanden werden kann, und daß nicht gerade angenommen zu werden braucht, daß nur die Schärfe derselben einer Kraft ausgesetzt ist.

Durch diese Rechnung wollte ich zeigen, daß einerseits die gewöhnliche Reibung weder die Versuche erklärt, noch damit vereinbar ist, andererseits aber die Annahme einer sehr großen Kraft, zu ihrer Erklärung nicht nöthig ist. Es scheint also, daß die Schneide, bei sehr kleinen Bewegungen, keine Reibung erfährt, sondern nur diejenige Kraft, welche aus der Verschiebung der Theile der Unterlage mit welchen sie, während ihrer sehr kleinen Bewegung, in Berührung bleibt, dadurch entsteht, daß die Elasticität der Unterlage die verschobenen Theile wieder auf ihren ursprünglichen Ort zurückzuführen strebt. Sobald aber die Bewegung so groß wird, daß $a^{(1)}h \text{ Sin } u'$ größer wird als $\frac{1}{5}$, so muß die gewöhnliche Reibung eintreten. Alle Erscheinungen welche die Reibung darbietet, scheinen mit der Annahme vereinbar zu sein, daß dieselbe aus den Eindrücken entsteht, welche die Oberflächen der sich reibenden Körper ineinander machen, und welche bei der Bewegung ihren Ort verändern; Rauigkeit der Oberflächen vergrößert Ursache und Wirkung.

Die Erscheinungen welche die Schwingungen auf Oberflächen darbieten, welche bleibende Eindrücke durch die Schneide erhalten, sind von den

hier untersuchten verschieden; auf Messingcylindern fand sich z. B. eine Änderung der Schwingungswinkel, und eine Abhängigkeit der Schwingungszeit von diesen Winkeln. Es müssen also hier die höheren Glieder des Ausdrucks der Kraft merklich werden; allein die Erscheinung wird dadurch so zusammengesetzt, daß vermuthlich nichts allgemein anwendbares daraus gefolgert werden kann, und daher diese Versuche nur bemerkenswerth sind, weil sie eine stärker hervortretende Bestätigung davon geben, daß Einwirkungen welche auf einen sehr kleinen Raum beschränkt sind, dennoch beträchtlichen Einfluß auf die Bewegung eines Pendels erlangen können.

Nimmt man das was ich über die Einwirkung der Unterlagen auf die Bewegung gesagt habe, zusammen, so scheint daraus hervorzugehen, daß die Schneide (indem sie sich in die Unterlage eindrückt, auch vielleicht Theile derselben über ihre ursprüngliche Oberfläche erhöhet, und dadurch, bei der Bewegung des Pendels, eine Bewegung der Materie der Unterlage erzeugt) sich nicht um ihre Schärfe, sondern um einen höheren oder niedrigeren Punkt dreht, je nachdem niedrigere oder höhere Theile der Unterlage leichter ausweichen. Daß das erstere der Fall sei, deuten die Versuche an, indem man nicht wird annehmen können, daß die Schneide noch beträchtlich über das oben bestimmte h hinaus, mit der Unterlage in Berührung ist.

31.

Ich habe geglaubt, bei diesen Erscheinungen etwas länger verweilen zu dürfen, indem sich daraus die bemerkenswerthe Folgerung ergibt, daß das Resultat eines Pendels mit reciproken Axen, von der Einwirkung der Unterlagen nur in sofern abhängig ist, als sie den Punkt um welchen es sich drehet, etwas erhöht. Wie auch die in der Nähe des Drehungspunkts wirkenden Kräfte beschaffen sein mögen, so ist ihr Einfluß auf die entsprechende Pendellänge, stets der Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide umgekehrt proportional; oder man hat, durch die Schwingung um die erste Schneide

$$l' = l + 2h - 2h \frac{l}{s} \cdot A$$

und um die zweite

$$l' = l + 2h_1 - 2h_1 \frac{l_1}{s_1} \cdot A$$

Wenn man aber die Schwingungszeiten um beide Schneiden gleich macht, und für l und l' ihre Ausdrücke:

$$l = \frac{\mu + ss}{s}, \quad l' = \frac{\mu + s_1 s_1}{s_1}$$

setzt, so folgt aus beiden Gleichungen

$$l' = s + s_1 + h + h_1 + \left(\frac{s + s_1 - 2lA}{s - s_1} \right) (h - h_1)$$

Ich habe hier nicht angenommen, daß h und h_1 , gleich seien; sind sie gleich, so verschwindet das letzte Glied unmittelbar, sind sie ungleich, so verschwindet es durch eine Wiederholung der Versuche mit verwechselten Schneiden. Indem man das Pendel so einrichtet, daß die Schneiden mit einander vertauscht werden können, erlangt man also, aufser dem im 25^{ten} Art. erwähnten Vortheile, auch die möglichst vollständige Befreiung des Resultats von der Einwirkung der Unterlage.

Ich werde jetzt noch zeigen, wie das Pendel mit reciproken Axen, von welchem Herr Bohnenberger die Ehre der Erfindung, Herr Kater aber die Ehre der ausgezeichnetsten Anwendung besitzt, meiner Meinung nach eingerichtet werden muß, damit alle Schwierigkeiten so viel als möglich beseitigt werden. Es muß dasselbe, der äußeren Figur nach symmetrisch construiert werden, also, da es der Masse nach nicht symmetrisch sein darf, zwei gleich große und gegen die Schneiden gleich gestellte Linsen an einer Stange besitzen, deren eine mit Metall gefüllt, die andere hohl ist. Durch diese Einrichtung geht die Einwirkung der Luft aus der Rechnung, so daß der Stand der meteorologischen Instrumente nur in sofern in Betracht kömmt, als er sich zwischen zusammengehörigen Versuchen ändert. In der That ist, nach dem 13^{ten} Art., die entsprechende einfache Pendellänge für die Schwingung um die erste Schneide

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K + ss}{s \left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s'}{s} \right)},$$

für die andere, unter der Voraussetzung daß beide Schwingungszeiten gleich gemacht worden sind, und daß die Dichtigkeit der Luft gleich geblieben ist,

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K_1 + s_1 s_1}{s_1 \left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s'_1}{s_1} \right)}.$$

Allein, wegen der Symmetrie der Construction ist $K_1 = K_2$, $s_1' = s_2' = \frac{1}{2}(s_1 + s_2)$, also

$$l s_1 - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s_1 + s_2}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K_1 + s_1 s_2$$

$$l s_2 - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s_1 + s_2}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K_2 + s_1 s_2,$$

woraus man

$$l = s_1 + s_2,$$

also unabhängig von der Einwirkung der Luft erhält.

Ferner müssen die Schneiden so eingerichtet werden, daß sie mit einander verwechselt werden können. Dadurch verschwindet der Einfluss der cylindrischen Figur derselben völlig, so wie auch die Einwirkung der Unterlagen, selbst wenn sie für beide Schneiden verschieden ist, wie dieses, nach der Erfahrung des Herrn Sabine, für möglich gehalten werden muß. Das Mittel aus Versuchen vor und nach der Verwechslung der Schneiden, giebt die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels $= s_1 + s_2 + h_1 + h_2$, wo h_1 und h_2 , welche übrigens für harte Unterlagen sehr klein sind, durch die im vorigen Artikel beschriebene Einrichtung bestimmt werden können.

Endlich würde ich vorziehen, das bewegliche Gewicht wegzulassen, allein das Pendel so zu construiren, daß die Schwingungszeiten in der Luft, um beide Schneiden nahe gleich werden, welches dadurch geleistet werden kann, daß man die Stange, an welcher die Schneiden und die Linsen befindlich sind, anfänglich etwas zu lang läßt, und sie dann an beiden Enden symmetrisch, so lange abkürzt, bis die Gleichheit der Schwingungszeiten nahe stattfindet. Nennt man die beiden Schwingungszeiten, welche das Pendel in der Luft hat, auf eine gleiche Temperatur des Pendels und auf unendlich kleine Winkel reducirt, t_1 und t_2 , so hat man im Mittel aus allen Versuchen, vor und nach der Verwechslung der Schneiden

$$\lambda t_1 t_2 = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K \delta + s_1 s_2}{s_1 \left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s_1 + s_2}{2s_1} \cdot \delta_1\right)}$$

$$\lambda t_1 t_2 = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K \delta_2 + s_1 s_2}{s_2 \left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s_1 + s_2}{2s_2} \cdot \delta_2\right)}$$

wo δ und δ , die Dichtigkeiten der Luft, die bei der Berechnung von m' zum Grunde gelegte zur Einheit angenommen, bezeichnen. Hieraus folgt

$$\lambda \left\{ tt \cdot s - tt \cdot \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_1}{2} \cdot \delta \right\} = \mu + \frac{m'}{m} K \delta + s s$$

$$\lambda \left\{ t, t_1 \cdot s_1 - t, t_1 \cdot \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_1}{2} \cdot \delta \right\} = \mu + \frac{m'}{m} K \delta_1 + s_1 s_1$$

und wenn man beide Gleichungen von einander abzieht und durch $s - s_1$ dividirt

$$\lambda \left\{ \frac{tt + t, t_1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{s + s_1}{s - s_1} \left(tt \left(1 - \frac{m'}{m} \delta \right) - t, t_1 \left(1 - \frac{m'}{m} \delta_1 \right) \right) \right\}$$

$$= s + s_1 + \frac{m'}{m} K \frac{(\delta - \delta_1)}{s - s_1};$$

das letzte Glied dieses Ausdrucks bleibt unbekannt, allein wenn zwei zusammengehörige Versuche stets bald nach einander gemacht werden, so wird $\delta - \delta_1$ sehr klein sein, in welchem Falle man dieses Glied vernachlässigen kann. Will man aber K selbst kennen lernen, so wird man es, aus den bei sehr verschiedenen Barometer- und Thermometerständen beobachteten Schwingungszeiten um jede der Schneiden, mit der zur Berechnung des letzten Gliedes hinreichenden Annäherung erhalten. Wenn man noch die aus h und h_1 hervorgehende Verbesserung anbringt, so erhält man hieraus:

$$\lambda = \frac{s + s_1 + h + h_1 + \frac{m'}{m} K \cdot \frac{(\delta - \delta_1)}{s - s_1}}{\frac{tt + t, t_1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{s + s_1}{s - s_1} \left\{ tt \left(1 - \frac{m'}{m} \delta \right) - t, t_1 \left(1 - \frac{m'}{m} \delta_1 \right) \right\}}$$

Durch die Weglassung des beweglichen Gewichts wird man genöthigt, die Entfernung des Schwerpunkts des Pendels von beiden Schneiden zu bestimmen; allein da man t und t_1 willkürlich nahe gleich machen kann, so wäre hier eine rohe Annäherung hinreichend, obgleich es leicht ist, Mittel anzuwenden, wodurch man den Schwerpunkt sehr nahe richtig erhält. Der Vortheil den man dadurch erlangt, ist, dafs alle Versuche mit demselben Pendel genau vergleichbar werden, und dafs man die Schwierigkeit vermeidet, welche entsteht, wenn die anfängliche Berichtigung des beweglichen Gewichts, sich in der Folge der Versuche nicht vollständig bewährt. Ein solches Pendel, jedoch mit völlig befestigten Schneiden, mögte auch vor-

theilhafter als die bisher üblichen sein, wenn es darauf ankömmt, die Schwere an verschiedenen Orten zu vergleichen.

Das so eingerichtete Pendel leistet dasselbe, was ich durch meinen Apparat, auf einem ganz verschiedenen Wege, erhalten habe, in sofern nämlich dadurch die Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung, und die aus der Bewegung in der Luft entstehende Schwierigkeit, aus dem Resultate geschafft werden. Allein ob man wagen darf, nach der Entdeckung des Herrn Arago, daß auch nicht eisenhaltige Substanzen magnetische Wirkungen äußern, ein Pendel welches aus einer Stange construirt ist, anzuwenden, ist eine Frage, deren Beantwortung der Entdecker dieser merkwürdigen Eigenschaft vielleicht ertheilt: man könnte das Pendel mit der drehenden Scheibe von Messing in Herrn Arago's Versuchen, und den Erdmagnetismus mit der Nadel vergleichen, welche durch die Drehung in Bewegung gesetzt wurde. Daß dieselbe Ursache auf ein Pendel, welches aus einer Kugel besteht, deren Durchmesser, vergleichungsweise mit der Länge des Fadens an welchem sie schwingt, sehr klein ist, einen merklichen Einfluß haben könnte, ist mir nicht denkbar. Die Versuche aus welchen Newton die Gleichheit der Schwere für alle irdischen Substanzen schloß, hoffe ich, mit dem Apparate auf welchen meine Bestimmung der Pendellänge beruht, sehr bald zu wiederholen, um dadurch das Stattfinden dieser wichtigen Eigenschaft strenger zu prüfen.



Beilage I.

Bewegung eines, sich von einem horizontalen Cylinder
abwickelnden Pendels.

1.

Durch die Axe des Abwickelungs-Cylinders lege man eine horizontale und eine verticale Ebene, und bezeichne die Entfernungen eines Punkts der durch die Abwicklung des Fadens entstehenden Curve, von der ersten Ebene durch x , von der anderen durch y ; ferner den Winkel des Fadens mit der zweiten Ebene, durch u ; seine Länge, von dem Berührungspunkte mit dem Cylinder an gerechnet, durch r ; den Werth von r für $u=0$ durch ρ ; den Halbmesser des Cylinders durch a . Dann hat man, wenn man u nach der Richtung nach welcher der Faden sich abwickelt, positiv annimmt,

$$r = \rho + au \quad \begin{aligned} x &= (\rho + au) \cos u - a \sin u \\ y &= (\rho + au) \sin u + a \cos u. \end{aligned}$$

Wenn λ die Länge des einfachen Secundenpendels bedeutet und die Zeit t in mittleren Secunden ausgedrückt wird, so ist die Differentialgleichung der Bewegung eines Punktes auf einer vorgeschriebenen Curve bekanntlich

$$c = \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2 \lambda \cdot x$$

für unsern Fall also

$$c = (\rho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2 \lambda \cdot \{(\rho + au) \cos u - a \sin u\};$$

und wenn man den Winkel bei welchem die Schwingung anfängt, durch $-u'$ bezeichnet:

$$(\rho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 = 2\pi^2 \lambda \{(\rho + au) \cos u - a \sin u - (\rho - au') \cos u' - a \sin u'\} \dots (1)$$

2.

Die Untersuchungen über die Einwirkung störender Ursachen auf die Bewegung eines Pendels, erfordern meistentheils, daß man diese Bewegung aus einer Differentialgleichung von der Form:

$$c = (1 + 2f'u) \left(\frac{du}{dt} \right)^2 - 2nn \{ \text{Cos } u + fu \}$$

bestimme, in welcher $f'u$, fu Functionen von u , von der Ordnung der störenden Ursache sind. Ich werde daher, bei dieser Gelegenheit, die Bewegung entwickeln, welche eine Folge dieser Gleichung ist, unter der Voraussetzung, daß man die Annäherung nicht über die erste Ordnung von fu und $f'u$ hinaustreibt.

Die Winkelgeschwindigkeit des Pendels verschwindet, wenn

$$0 = c + 2nn (\text{Cos } u + fu)$$

ist; am Anfange einer Schwingung ist dieses der Fall, und das u welches dem Ende derselben entspricht, ist eine zweite Wurzel dieser Gleichung. Nennt man die erstere $= -u'$, die andere $= u' - \delta u'$, so erhält man

$$\delta u' = \frac{f(-u') - fu'}{\text{Sin } u'} ; \dots\dots\dots (2)$$

denselben Werth, mit entgegengesetzten Zeichen, erhält man für die entgegengesetzte Schwingung. Die Winkel bleiben also ungeändert; ihr Ausdruck durch den beobachteten Schwingungswinkel, d. i. durch die halbe Summe beider Entfernungen des Pendels von der Lothlinie $= u''$, ist

$$\text{für die negative Grenze} = -u'' - \frac{f(-u') - fu'}{\text{Sin } u'}$$

$$\text{für die positive Grenze} = u'' + \frac{f(-u') - fu'}{\text{Sin } u'}$$

Dieses setzt voraus, daß fu von der Richtung der Bewegung unabhängig ist; ist dieses nicht der Fall, sondern ist es eine zweiförmige Function, welche für beide Richtungen der Bewegung einen verschiedenen Ausdruck erhält, so findet die Unveränderlichkeit der Winkel nicht statt.

Um die Relation zwischen t und u zu erhalten, führe ich einen neuen Winkel ϕ ein, so daß $\text{Cos } u + fu$ dem Producte des Cosinus dieses Winkels in eine Constante gleich wird. Damit ϕ immer möglich bleibe und auch $= 0$ werden könne, ist es erforderlich, daß die Constante das Maximum von $\text{Cos } u + fu$, oder, in Gröfsen von der Ordnung von fu richtig, $= 1 + f^0$ ist. Man hat also

$$(1 + f^0) \text{Cos } \phi = \text{Cos } u + fu,$$

woraus

$$u = \phi + \frac{f\phi - f_0 \cdot \text{Cos } \phi}{\text{Sin } \phi}$$

folgt. Setzt man dieses in die Differentialgleichung, so verwandelt sie sich in

$$(1 + 2f'\phi) \left\{ \frac{d\phi + d \frac{f\phi - f_0 \cdot \text{Cos } \phi}{\text{Sin } \phi}}{dt} \right\}^2 = 2nn(1 + f_0) \{ \text{Cos } \phi - \text{Cos } \phi' \}$$

Nimmt man auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens die Quadratwurzel, so erhält man

$$dt = \pm \frac{d\phi}{n\sqrt{(2\text{Cos } \phi - 2\text{Cos } \phi')}} \pm \frac{(f'\phi - \frac{1}{2}f_0) d\phi + d \frac{f\phi - f_0 \cdot \text{Cos } \phi}{\text{Sin } \phi}}{n\sqrt{(2\text{Cos } \phi - 2\text{Cos } \phi')}}}$$

wo das obere Zeichen für Schwingungen in positiver Richtung gilt, das untere für entgegengesetzte.

Das Integral dieses Differentials, von $\mp \phi'$ bis $\pm \phi'$ genommen, ist die Dauer einer ganzen Schwingung; will man sie von dem beobachteten Schwingungswinkel u'' abhängig machen, so hat man, nach vollendeter Integration, ϕ' durch u'' auszudrücken, wodurch man erhält

$$\begin{aligned} -\phi' &= -u' + \frac{f(-u') - f_0 \cdot \text{Cos } u'}{\text{Sin } u'} = -u'' - \frac{2f_0 \cdot \text{Cos } u' - fu' - f(-u')}{2\text{Sin } u'} \\ \phi' &= u' - \frac{fu' - f_0 \cdot \text{Cos } u'}{\text{Sin } u'} = u'' + \frac{2f_0 \cdot \text{Cos } u' - fu' - f(-u')}{2\text{Sin } u'} \end{aligned}$$

Das erste Glied des Integrals ist bekanntlich

$$= \frac{\pi}{n} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \text{Sin } \frac{1}{2} \phi'^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \text{Sin } \frac{1}{2} \phi'^4 + \dots \right\} = \frac{\pi}{n} F \phi';$$

also, durch u'' ausgedrückt

$$= \frac{\pi}{n} \left\{ F u'' + \frac{dF u''}{du''} \cdot \frac{2f_0 \text{Cos } u' - fu' - f(-u')}{2\text{Sin } u'} \right\};$$

in dem zweiten, welches von der Ordnung der störenden Ursache ist, kann u für ϕ geschrieben werden. Man erhält dadurch den Ausdruck der, für entgegengesetzte Richtungen der Bewegung gleichen Schwingungszeit:

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi}{n} \left\{ F u'' + \frac{dF u''}{du''} \cdot \frac{2f_0 \cdot \text{Cos } u' - fu' - f(-u')}{2\text{Sin } u'} \right\} \\ &+ \frac{1}{n} \int \frac{(f'u - \frac{1}{2}f_0) du + d \frac{fu - f_0 \cdot \text{Cos } u}{\text{Sin } u}}{\sqrt{(2\text{Cos } u - 2\text{Cos } u')}} \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

wo das Integral von $-u'$ bis $+u'$ genommen wird.

3.

Wenn die Schwingungen sehr klein sind, wie es bei den Beobachtungen der Pendel der Fall ist, so wird man die Producte der Störungen in die höheren Potenzen von u' meistens vernachlässigen dürfen; wenn man für fu und $f'u$ die Formen

$$\begin{aligned} fu &= \alpha + \alpha' \sin \frac{1}{2} u + \alpha'' \sin \frac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.} \\ f'u &= \beta + \beta' \sin \frac{1}{2} u + \beta'' \sin \frac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.} \end{aligned}$$

annimmt, und die Producte der Coefficienten dieser Reihen in die über das Quadrat hinausgehenden Potenzen von u' vernachlässigt, so findet man:

$$\begin{aligned} \frac{2f_0 \cdot \cos u' - fu' - f(-u')}{2} &= - (2\alpha + \alpha'') \sin \frac{1}{2} u'^2 \\ f'u - \frac{1}{2} f_0 + \frac{d \left(\frac{fu - f_0 \cdot \cos u}{\sin u} \right)}{du} &= \beta + \frac{\alpha''}{4} + \left(\beta' + \frac{\alpha'}{4} + \frac{\alpha'''}{2} \right) \sin \frac{1}{2} u \\ &+ \left(\beta'' + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha''}{4} + \frac{3\alpha'''}{4} \right) \sin \frac{1}{2} u^2 \end{aligned}$$

und hieraus den, bis zu der angegebenen Grenze vollständigen Ausdruck der Schwingungszeit:

$$= \frac{\pi}{n} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4} \right) + \sin \frac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha'''}{8} \right) \right\}$$

Nennt man die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig, von $-u''$ bis $+u''$, schwingt $= l$, so ist

$$\frac{l}{\lambda} (Fu'')^2 = \frac{\pi \pi}{nn} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4} \right) + \sin \frac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha'''}{8} \right) \right\}^2$$

woraus

$$l = \frac{\pi^2 \cdot \lambda}{nn} \left\{ 1 + 2\beta + \frac{\alpha''}{2} + \sin \frac{1}{2} u'^2 \left(\beta'' + \frac{3\alpha'''}{4} \right) \right\} \dots \dots (4)$$

folgt.

4.

Für das Pendel, dessen Bewegung hier betrachtet werden sollte, ist (1)

$$\begin{aligned} f'u &= \frac{\alpha}{\rho} \left\{ 2 \sin \frac{1}{2} u + \frac{1}{3} \sin \frac{1}{2} u^3 + \dots \right\} \\ fu &= \frac{\alpha}{\rho} \left\{ \frac{1}{3} \sin \frac{1}{2} u^3 + \dots \right\} \\ uu &= \frac{\pi^2 \lambda}{\rho} \end{aligned}$$

also $\beta = \beta'' = \alpha'' = \alpha''' = 0$, und daher

$$l = g$$

oder es vollendet eine ganze Schwingung in derselben Zeit, in welcher ein vom Mittelpunkte des Abwickelungs-Cylinders eben so tief herabhängendes einfaches Pendel sie vollenden würde.

Beilage II.

Einfluss der Federkraft des Fadens auf seine Figur und die Schwingungszeit des Pendels.

1.

Ich werde zuerst die Figur bestimmen, welche ein nicht völlig biegsamer Faden von gegebener Länge ($= S$) annimmt, wenn er am oberen Ende befestigt ist, dann über einen horizontalen, festen Cylinder (dessen Halbmesser $= a$) geht, und am unteren Ende durch eine Kraft ($= T''$) gezogen wird, welche mit der Lothlinie einen Winkel ω'' macht.

Den Mittelpunkt des Cylinders nehme ich zum Anfangspunkte der Coordinaten x und y , und zwar bezeichnet die erste die Entfernung eines Punkts von der durch den Mittelpunkt des Cylinders gelegten horizontalen Linie, die andere die Entfernung von der Lothlinie durch denselben Mittelpunkt; die erstere ist unterwärts positiv, die andere auf der Seite auf welcher der Faden den Cylinder berührt. Für den festen Anfangspunkt sind die Coordinaten x' und y' , für den Endpunkt x'' und y'' . Der Winkel des Fadens mit der Lothlinie wird allgemein durch ϕ , also für den Anfang und das Ende derselben durch ϕ' und ϕ'' bezeichnet.

Nach dem Principe der virtuellen Geschwindigkeiten ist die charakteristische Eigenschaft der Figur, welche der Faden im Gleichgewicht annimmt, dafs, wenn man diese Figur unendlich wenig variirt (so dafs die Variation mit den Bedingungen verträglich bleibt, welchen die Figur entsprechen soll) und nun die auf jeden Punkt wirkende Kraft, in die auf ihre Richtung bezogene Variation des Punkts multiplicirt, die Summe aller dieser Producte verschwindet. Die hierauf gegründete Methode, welche Lagrange in der unsterblichen *Mécanique analytique* gegeben hat, werde ich hier anwenden.

2.

Die Federkraft des Fadens kann als eine Kraft angesehen werden, welche verschwindet wenn der Faden gerade ist, und welche die Krümmung zu vermindern sucht wenn er krumm ist. Nach den im 1^{ten} Art. eingeführten Bezeichnungen, sucht also diese Kraft ($= E$) die Veränderung des Winkels ϕ , an jedem Punkte des Fadens, zu vermindern. Wenn man daher diesen Winkel in der variirten Curve durch $\phi + \delta\phi$ bezeichnet, also seine Veränderungen in der Curve des Gleichgewichts und in der variirten durch $d\phi$ und $d\phi + d\delta\phi$, so ist das Product der Kraft in die auf ihre Richtung bezogene Variation $= E d\delta\phi$, und daher die Summe aller dieser Produkte

$$= \int E d\delta\phi.$$

Ich werde auch den Anfangspunkt des Fadens als frei, und der Einwirkung einer Kraft ausgesetzt annehmen, welche der Kraft womit der Faden den Befestigungspunkt zieht, gleich, aber in entgegengesetzter Richtung gebracht ist. Diese unbekannte Kraft bezeichne ich durch T' und den gleichfalls unbekanntem Winkel den sie mit der Lothlinie macht durch $180^\circ + \omega'$. Aus dieser Kraft und der am Ende des Fadens, im Winkel ω'' wirkenden Kraft T'' , erhält man die Kräfte nach der Richtung

$$\begin{aligned} \text{der } x \dots &- T' \text{ Cos } \omega' \text{ und } T'' \text{ Cos } \omega'' \\ \text{der } y \dots &- T' \text{ Sin } \omega' \text{ und } T'' \text{ Sin } \omega'' \end{aligned}$$

und diese, in die Variationen der Coordinaten multiplicirt, ergeben Producte welche der oben schon gefundenen Summe hinzugefügt, die vollständige Bedingungsgleichung des Gleichgewichts geben. Man hat diese daher:

$$0 = - T' \text{ Cos } \omega' \delta x' - T' \text{ Sin } \omega' \cdot \delta y' + T'' \text{ Cos } \omega'' \cdot \delta x'' + T'' \text{ Sin } \omega'' \cdot \delta y'' + \int E d\delta\phi \dots \dots \dots (1)$$

In dieser Gleichung müssen die Variationen so genommen werden, daß sie den Bedingungen nicht zuwider sind, welchen die Figur des Fadens entsprechen muß. Die erste dieser Bedingungen ist, daß die Coordinaten x und y in der Curve des Gleichgewichts, und die Coordinaten $x + \delta x$ und $y + \delta y$ in der variirten, einem und demselben Punkte des Fadens entsprechen, oder daß die Länge des Fadens, vom Anfange desselben bis zu diesem Punkte, in beiden Curven gleich ist; diese Bedingung giebt daher:

$$fV'(dx^2 + dy^2) = fV' \{ (dx + d\delta x)^2 + (dy + d\delta y)^2 \},$$

oder, wenn ds das Differential der Länge bezeichnet,

$$0 = \int \left\{ \frac{dx}{ds} d\delta x + \frac{dy}{ds} d\delta y \right\} \dots \dots \dots (2)$$

Die andere Bedingung erfordert, dafs beide Curven die Oberfläche des Cylinders berühren, oder dafs für die den Curven und der Oberfläche des Cylinders gemeinschaftlichen Punkte

$$aa = xx + yy = (x + \delta x)^2 + (y + \delta y)^2$$

sei, woraus für diese Punkte die Bedingungsgleichung

$$0 = x\delta x + y\delta y \dots \dots \dots (3)$$

folgt.

3.

Da der Gleichung (2) in der ganzen Ausdehnung des Fadens Genüge geleistet werden mufs, so kann man sie mit der Gleichung (1) vereinigen, indem man sie, unter dem Integralzeichen, mit einem unbestimmten Faktor λ multiplicirt, und das Product der Gleichung (1) hinzufügt; man erhält dadurch:

$$0 = -T' \text{Cos } \omega' \delta x' - T' \text{Sin } \omega' \delta y' + T'' \text{Cos } \omega'' \delta x'' + T'' \text{Sin } \omega'' \delta y'' \\ + \int \left\{ E d\delta\phi + \lambda \frac{dx}{ds} d\delta x + \lambda \frac{dy}{ds} d\delta y \right\} \dots \dots (4)$$

Um nun $d\delta\phi$ durch die Coordinaten x und y auszudrücken, hat man

$$\text{Cos } \phi = \frac{dx}{ds}; \quad \text{Cos } (\phi + \delta\phi) = \frac{dx + d\delta x}{ds} \\ \text{Sin } \phi = \frac{dy}{ds}; \quad \text{Sin } (\phi + \delta\phi) = \frac{dy + d\delta y}{ds}$$

woraus

$$\delta\phi = \frac{dx \cdot d\delta y - dy \cdot d\delta x}{ds^2}$$

folgt. Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (4) in

$$0 = -T' \text{Cos } \omega' \delta x' - T' \text{Sin } \omega' \delta y' + T'' \text{Cos } \omega'' \delta x'' + T'' \text{Sin } \omega'' \delta y'' \\ + \int \left\{ E d \cdot \frac{dx \cdot d\delta y}{ds^2} - E \cdot d \cdot \frac{dy \cdot d\delta x}{ds^2} + \lambda \frac{dx}{ds} d\delta x + \lambda \frac{dy}{ds} d\delta y \right\}$$

und ergibt, nach gehöriger Integration,

$$\begin{aligned}
 0 = & -T' \text{Cos } \omega' \delta x' - T' \text{Sin } \omega' \delta y' + T'' \text{Cos } \omega'' \delta x'' + T'' \text{Sin } \omega'' \delta y'' \\
 & + E \left\{ \frac{dx \cdot d\delta y - dy \cdot d\delta x}{ds^2} \right\} + \delta x \left\{ \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + \lambda \frac{dx}{ds} \right\} - \delta y \cdot \left\{ \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - \lambda \frac{dy}{ds} \right\} \\
 & - \int \delta x \left\{ d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} \right\} + \int \delta y \left\{ d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - d \cdot \lambda \frac{dy}{ds} \right\} \cdot \quad (5)
 \end{aligned}$$

wo die außer dem Integralzeichen stehenden Glieder für beide Endpunkte des Fadens genommen werden müssen.

4.

Die beiden Glieder unter dem Integralzeichen, müssen, für Theile des Fadens, welche nicht mit dem Cylinder in Berührung sind, abgesondert verschwinden, indem sowohl δx als δy willkürlich bleiben müssen. Man hat daher für die freien Theile des Fadens:

$$\begin{aligned}
 0 = & d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} \\
 0 = & d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - d \cdot \lambda \frac{dy}{ds}
 \end{aligned}$$

und durch Integration dieser Gleichungen,

$$\begin{aligned}
 c = & \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + \lambda \frac{dx}{ds} \\
 c' = & \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - \lambda \frac{dy}{ds}
 \end{aligned}$$

woraus unmittelbar folgt:

$$\lambda = c \frac{dx}{ds} - c' \frac{dy}{ds} \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{dE}{ds} = c \frac{dy}{ds} + c' \frac{dx}{ds} \dots\dots\dots (7)$$

und wenn man die letzte Gleichung integrirt,

$$E = cy + c'x + c'' \dots\dots\dots (8)$$

Für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren, fallen die Bedingungen des freien Gleichgewichts weg; und da die Berührung mit dem Cylinder auch die Variation von ϕ verhindert, so bleibt von der Gleichung (5), in Beziehung auf diese Theile, nur

$$0 = \delta x \left\{ d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} \right\} - \delta y \left\{ d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} - d \cdot \lambda \frac{dy}{ds} \right\}$$

übrig. Allein die Bedingungsgleichung (3) giebt die Relation von δx und δy für diese Theile, und mit ihrer Anwendung verwandelt sich die eben gegebene Gleichung in

$$0 = y d \cdot \frac{dy \cdot dE}{ds^2} + x d \cdot \frac{dx \cdot dE}{ds^2} + y \cdot d \cdot \lambda \frac{dx}{ds} - x \cdot d \cdot \lambda \frac{dy}{ds}$$

Führt man die hier angedeuteten Differentiationen aus, und setzt man dabei, der Oberfläche des Cylinders gemäß:

$$0 = x dx + y dy; \quad 0 = dx^2 + dy^2 + x d^2 x + y d^2 y$$

so erhält man aus dieser Gleichung, also gültig für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren,

$$0 = dE - a d\lambda,$$

oder wenn d eine willkürliche Constante ist,

$$d = E - a\lambda \dots \dots \dots (9)$$

5.

Die Glieder der Gleichung (5), welche sich auf den Anfangspunkt und den Endpunkt des Fadens beziehen, ergeben die beiden Gleichungen:

$$\begin{aligned} 0 = E' \left\{ \frac{dx' \cdot d\delta y' - dy' \cdot d\delta x'}{ds^2} \right\} + \delta x' \left\{ -T' \cos \omega' + \frac{dy' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dx'}{ds} \right\} \\ + \delta y' \left\{ -T' \sin \omega' - \frac{dx' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dy'}{ds} \right\} \\ 0 = E'' \left\{ \frac{dx'' \cdot d\delta y'' - dy'' \cdot d\delta x''}{ds^2} \right\} + \delta x'' \left\{ T'' \cos \omega'' + \frac{dy'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dx''}{ds} \right\} \\ + \delta y'' \left\{ T'' \sin \omega'' - \frac{dx'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dy''}{ds} \right\} \end{aligned}$$

Da beide Endpunkte als frei angenommen sind, so bleiben die Variationen der Coordinaten, so wie auch ihre Differentialquotienten, willkürlich; man hat daher

$$\left. \begin{aligned}
 0 &= E' \\
 0 &= -T' \cos \omega' + \frac{dy' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \cdot \frac{dx'}{ds} \\
 0 &= -T' \sin \omega' - \frac{dx' \cdot dE'}{ds^2} + \lambda' \cdot \frac{dy'}{ds} \\
 0 &= E'' \\
 0 &= T'' \cos \omega'' + \frac{dy'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \cdot \frac{dx''}{ds} \\
 0 &= T'' \sin \omega'' - \frac{dx'' \cdot dE''}{ds^2} + \lambda'' \cdot \frac{dy''}{ds}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

Indem die Integrale in der Gleichung (5) nicht ohne Unterbrechung vom Anfange des Fadens bis zum Ende genommen werden, sondern für die freien und für die den Cylinder berührenden Theile eine verschiedene Bedeutung haben, so gelten die daraus abgeleiteten Gleichungen (6), (7), (8) zwar für alle freien Theile des Fadens, aber die Constanten c, c', c'' sind für die beiden, durch den Cylinder getrennten Theile nicht nothwendig dieselben. Ich werde für den oberen Theil die Bezeichnung c, c', c'' beibehalten, für den unteren aber c, c', c'' , schreiben. Hiernach verwandeln sich die Gleichungen (10), mittelst (6), (7), (8) in

$$\left. \begin{aligned}
 0 &= cy' + c'x' + c'' \\
 0 &= -T' \cos \omega' + c \\
 0 &= -T' \sin \omega' - c' \\
 0 &= cy'' + c'x'' + c'' \\
 0 &= T'' \cos \omega'' + c, \\
 0 &= T'' \sin \omega'' - c'
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

6.

Um die Figur des Fadens zu bestimmen, muß E durch die Federkraft desselben ausgedrückt werden. Ich werde dabei den Faden als gleichförmig annehmen, und übrigens dieselbe Hypothese anwenden, welche man den Untersuchungen der elastischen Linie immer zum Grunde gelegt hat: man denkt sich nämlich einen unendlich kleinen Theil des Fadens, an beiden Enden, durch unbiegsame gerade Linien fortgesetzt, die eine dieser Linien als fest, die andere, in der Entfernung e von dem unendlich kleinen Theil

des Fadens, der senkrechten Einwirkung einer Kraft k ausgesetzt, welche Kraft daher den Faden krümmt, so daß er einen Krümmungshalbmesser erhält, welchen ich durch h bezeichne; setzt man für e, k, h andere Werthe, e', k', h' , so ist die erwähnte Hypothese, daß die Krümmungshalbmesser sich umgekehrt verhalten wie die Drehungsmomente der Kräfte, oder

$$h : h' = e' k' : e k$$

woraus

$$e' k' = \frac{e k h}{h'}$$

folgt. Dieses $e' k'$ ist die durch E bezeichnete (in der Entfernung 1 angenommene) Kraft; h' ist der Krümmungshalbmesser der Curve, und $e k h$, welches ich in der Folge durch μ bezeichnen werde, ist das Maass der Federkraft des Fadens. Da die Curve der Axe ihre hohle Seite zukehrt, so ist also

$$E = - \frac{\mu dx \cdot d^2 y}{V \{dx^2 + dy^2\}^3}.$$

7.

Wenn man für E den Ausdruck (8) setzt, so erhält man die Differentialgleichung der Curve

$$\frac{-\mu dx \cdot d^2 y}{V \{dx^2 + dy^2\}^3} = c y + c' x + c'' \dots \dots \dots (12)$$

und wenn man dieselben mit $c dy + c' dx$ multiplicirt, integrirt und durch e eine willkürliche Constante bezeichnet

$$\mu \left\{ \frac{c dx - c' dy}{V (dx^2 + dy^2)} \right\} = e + \frac{1}{2} \{c y + c' x + c''\}^2 \dots \dots \dots (13)$$

woraus das vollständige Differential

$$c' dy - c dx = \frac{\pm (c dy + c' dx) \{e + \frac{1}{2}(c y + c' x + c'')^2\}}{V \{uu (cc + c'c') - (c + \frac{1}{2}(c y + c' x + c'')^2)^2\}} \dots (14)$$

folgt, dessen Integral die endliche Gleichung der Curve ist.

Nimmt man das Integral (13) vom Anfange des Fadens, bis zu dem Punkte, wo derselbe anfängt, den Cylinder zu berühren, und bezeichnet man durch ψ' den Winkel der Tangente an diesem Punkte mit der Lothlinie, so erhält man eine Gleichung zwischen ϕ' und ψ' ; nimmt man dann das

Integral von (14) zwischen denselben Grenzen, so ergibt es, da die Coordinaten des Berührungspunkts von ψ' abhängen, nämlich

$$x, = -a \text{ Sin } \psi' ; \quad y, = a \text{ Cos } \psi',$$

eine zweite Gleichung zwischen denselben Winkeln, so dafs beide durch x', y', T', ω' gegeben sind. Auf dieselbe Art hat man zwei Gleichungen für die ähnlichen Winkel ϕ'' und ψ'' , welche zu dem Theile des Fadens zwischen dem Cylinder und dem Ende gehören, wodurch auch diese durch x'', y'', T'', ω'' gegeben werden.

Wenn der Faden zwischen den Punkten ψ' und ψ'' ganz auf der Cylinderfläche aufliegt, so zeigt die Gleichung (9), dafs λ an diesen Punkten gleich ist; denn E hängt von dem Krümmungshalbmesser des Fadens ab, und dieser ist für die Cylinderfläche unveränderlich: man hat also, aus (6)

$$c \text{ Cos } \psi' - c' \text{ Sin } \psi' = c, \text{ Cos } \psi'' - c' \text{ Sin } \psi''$$

und wenn man für die Constanten ihre Ausdrücke (11) schreibt,

$$- T' \text{ Cos } (\omega' - \psi') = T'' \text{ Cos } (\psi'' - \omega'') \dots \dots \dots (15)$$

Ferner ergibt (8)

$$E, = cy, + c' x, + c'' ; \quad E, = c, y, + c' x, + c''$$

oder, da beide $= \frac{\mu}{a}$ sind, nach (11)

$$\frac{\mu}{a} = a T' \text{ Cos } (\omega' - \psi') + c'' = - a T'' \text{ Cos } (\psi'' - \omega'') + c''$$

woraus, in Verbindung mit (15)

$$c'' = c'' = \frac{\mu}{a} - a T'' \text{ Cos } (\omega' - \psi') \dots \dots \dots (16)$$

folgt. Diese drei Gleichungen (15) und (16) und eine vierte, welche man durch den Ausdruck der ganzen Länge des Fadens erhält, bestimmen die in den Ausdrücken von $\phi', \psi', \phi'', \psi''$ noch unbekannt gebliebenen T', ω', x'', y'' .

Wenn dagegen der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so hat man $\psi' = \psi''$, und die Gleichungen (6) und (8) ergeben

$$- T' \text{ Cos } (\omega' - \psi') = T'' \text{ Cos } (\psi'' - \omega'')$$

$$c'' = c''$$

wodurch, wiederum mit dem Ausdrucke der ganzen Länge des Fadens verbunden, alle unbekannt Gröfsen bestimmt werden.

8.

Die Durchführung der hier angedeuteten Auflösung der Aufgabe, hat aber die Schwierigkeit, daß die Integration des Differential (14) von einer transcendenten Function abhängt, welche die Elimination der verschiedenen unbekanntenen Gröfsen nicht erlaubt. Diese Schwierigkeit wird vermieden, wenn der Faden, auf beiden Seiten des Cylinders unendlich lang angenommen wird, wodurch er, an seinen beiden Endpunkten dieselbe Richtungen erhält, in welchen die Kräfte T' und T'' ihn ziehen; es ist überdies klar, daß dann beide Kräfte gleich und beide Schenkel der Curve symmetrisch werden. Ich werde die Aufgabe „die Figur eines unendlich langen Fadens“, zu bestimmen, welcher in gegebenen Richtungen $180^\circ + \omega'$ und ω'' , von „gleichen Kräften T'' gezogen wird, aber einen Cylinder berührt“ ganz entwickeln, weil diese nicht merklich von der verschieden ist, welche der Pendelapparat darbietet. Denn hier ist μ , vergleichungsweise mit T'' , eine sehr kleine Gröfse, und daher die Krümmung des Fadens, in einigermaßen erheblicher Entfernung vom Cylinder, unmerklich, so daß es gleichgültig ist, ob man seine Länge als endlich, oder als unendlich ansieht.

Um der Gleichung (14) eine einfachere Gestalt zu geben, werde ich neue rechtwinklichte Coordinaten ξ und η einführen, so daß die ersteren auf den Asymptoten an die Schenkel der Curve gezählt werden, und zwar an dem Punkte anfangen, wo diese Schenkel aufhören mit dem Cylinder in Berührung zu sein; den Werth von η für $\xi = 0$, bezeichne ich durch b . Man erhält dadurch für den oberen Schenkel,

$$\left. \begin{aligned} x &= -\xi \cos \omega' - (b - \eta) \sin \omega' - a \sin \psi' \\ y &= -\xi \sin \omega' + (b - \eta) \cos \omega' + a \cos \psi' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

und für den unteren

$$\left. \begin{aligned} x &= \xi \cos \omega'' - (b - \eta) \sin \omega'' - a \sin \psi'' \\ y &= \xi \sin \omega'' + (b - \eta) \cos \omega'' + a \cos \psi'' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

Durch diese neuen Coordinaten wird $cy + c'x + c''$, oder $c(y - y') + c'(x - x')$ (11), wenn man unter x', y' die Coordinaten eines unendlich entfernten Punkts versteht,

$$= T'' \cdot \eta;$$

ferner ergibt (13) für einen unendlich entfernten Punkt des Fadens

$$e = -T'' \cdot \mu,$$

und dann für $\xi = 0$, wo $\frac{dx}{ds} = \text{Cos } \psi'$, $\frac{dy}{ds} = \text{Sin } \psi'$ ist,

$$- T'' \mu \text{Cos} (\omega' - \psi') = - T'' \mu + \frac{1}{2} T'' T'' . bb$$

oder

$$bb = \frac{2\mu}{T''} \{1 - \text{Cos} (\omega' - \psi')\}$$

$$b = 2 \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \cdot \text{Sin } z \dots \dots \dots (19)$$

wenn man $2z$ für $\omega' - \psi' = \psi'' - \omega''$ schreibt.

Die Entscheidung über die Frage, welcher von beiden vorausgesetzten Fällen stattfindet, ob ψ' und ψ'' ungleich sind und der Faden dazwischen ganz auf dem Cylinder aufliegt, oder ob beide zusammenfallen und der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, wird durch die Gleichung

$$cy, + c'x, + c'' = E.$$

gegeben; man hat nämlich die Gröfse links vom Gleichheitszeichen $= T''b$, und $E, = \frac{\mu}{h}$, wo h den Krümmungshalbmesser bezeichnet, woraus sich, wenn man für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$\text{Sin } z = \frac{1}{2h} \sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

ergiebt. In dem ersten Falle ist h gleich dem Halbmesser des Cylinders, und $2z$ kleiner als $\frac{1}{2}(\omega' - \omega'')$, also

$$\text{Sin } z = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \text{ und } \text{Sin } \frac{1}{4}(\omega' - \omega'') > \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}} ;$$

in dem zweiten Falle ist h nicht kleiner als der Halbmesser des Cylinders, aber $2z = \frac{1}{2}(\omega' - \omega'')$, also

$$\text{Sin } z = \text{Sin } \frac{1}{4}(\omega' - \omega'') \text{ und } \text{Sin } \frac{1}{4}(\omega' - \omega'') \leq \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

wodurch also beide Fälle unterschieden werden.

Das Differential (14) verwandelt sich, durch Einführung der neuen Coordinaten, in

$$d\xi = \pm \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{T''}{2\mu} \eta \eta\right) d\eta}{\sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} \eta \eta\right)}}$$

und es gilt das untere Zeichen indem η abnimmt wenn ξ wächst. Das Integral hiervon, von $\xi = 0$ angerechnet, ist

$$\xi = \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \left[\log \left\{ \frac{b}{\eta} \cdot \frac{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} \eta \eta\right)}}{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} b b\right)}} \right\} + 2 \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} b b\right)} - 2 \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} \eta \eta\right)} \right] \dots (20)$$

Endlich hat man den Bogen der Curve, von $\xi = 0$ angerechnet,

$$\begin{aligned} s &= \int \sqrt{\{d\xi^2 + d\eta^2\}} = \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \log \left\{ \frac{b}{\eta} \cdot \frac{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} \eta \eta\right)}}{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} b b\right)}} \right\} \\ &= \xi + 2 \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \left\{ \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} \eta \eta\right)} - \sqrt{\left(1 - \frac{T''}{4\mu} b b\right)} \right\} \dots \dots \dots (21) \end{aligned}$$

9.

Um den Punkt zu bestimmen, in welchem das untere Ende des Fadens sich befindet, wenn das obere fest ist, muß man die ganze Länge desselben = S , durch auf die Curve sich beziehende Größen ausdrücken. Man hat (21), wenn man η' und $\eta'' = 0$ und für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$\begin{aligned} s' &= \xi' + 2 \sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos } z) \\ s'' &= \xi'' + 2 \sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos } z) \end{aligned}$$

also im ersten Falle

$$S = s' + s'' + a (\psi' - \psi'') = \xi' + \xi'' + 4 \sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos } z) + a (\omega' - \omega'') - 4a z$$

und im zweiten Falle dieselbe Formel, indem alsdann $\omega' - \omega'' = 4z$ ist, also die beiden letzten Glieder verschwinden.

Bestimmt man nun den Ort der beiden Endpunkte des Fadens durch Perpendikel von dem Mittelpunkte des Cylinders auf die Axen der ξ' und ξ'' gefällt, und durch die Entfernungen der Endpunkte von diesen Perpendikeln, und bezeichnet man die ersteren (welche für beide Schenkel gleich sind) durch p , die letzteren durch ϱ' und ϱ'' , so hat man

$$\begin{aligned} p &= b + a \text{Cos } 2z \dots \dots \dots (22) \\ \varrho' &= \xi' - a \text{Sin } 2z \\ \varrho'' &= \xi'' - a \text{Sin } 2z \end{aligned}$$

und hiermit

$$S = \varrho' + \varrho'' - 2a (2z - \sin 2z) + 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \cos z) + a (\omega' - \omega'')$$

Versetzt man das Pendel in den Zustand der Ruhe und des freien Gleichgewichts, und bezeichnet man seine Tiefe unter dem Mittelpunkte des Cylinders, oder den Werth von ϱ'' für $\omega'' = 0$ und $T'' = 1$, durch ϱ , den diesem Zustande zugehörigen Werth von z durch z' , so hat man, indem ϱ' durch eine Änderung von ω'' und T'' nicht geändert wird,

$$S = \varrho' + \varrho - 2a (2z' - \sin 2z') + 4\sqrt{\mu} \cdot (1 - \cos z') + a\omega'$$

und wenn man aus beiden Ausdrücken S eliminiert:

$$\begin{aligned} \varrho'' = \varrho + a\omega'' + 2a (2z - \sin 2z - 2z' + \sin 2z') - 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \cos z) \\ + 4\sqrt{\mu} (1 - \cos z') \dots \dots \dots (23) \end{aligned}$$

wodurch also, da die Ausdrücke von z und b oben schon gegeben sind, die Aufgabe vollständig aufgelöst ist.

10.

Nachdem, durch das Vorhergehende, die Figur des Fadens und der Ort seines Endpunkts bestimmt worden sind, werde ich den Einfluß der Federkraft auf die Schwingungszeit des Pendels untersuchen; ich werde dabei die Masse des Pendels als im Endpunkte des Fadens vereinigt annehmen.

Man kann die Bewegung dieses Punkts als frei betrachten, oder seine Verbindung mit dem Faden ganz außer Acht lassen, wenn man ihn als der Wirkung zweier Kräfte ausgesetzt ansieht, nämlich der Schwere und der die Figur des Fadens bestimmenden Kraft T'' , diese in entgegengesetzter Richtung, oder im Winkel $180^\circ + \omega''$ gegen die Lothlinie angenommen. Man hat dann die nach der Richtung der Coordinaten x'' und y'' wirkenden Kräfte

$$1 - T'' \cos \omega'' \text{ und } - T'' \sin \omega''$$

und also, da der Punkt als frei angenommen wird, die beiden Gleichungen

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{d^2 x''}{dt^2} + \pi^2 \lambda (T'' \cos \omega'' - 1) \\ 0 &= \frac{d^2 y''}{dt^2} + \pi^2 \lambda \cdot T'' \sin \omega'' \end{aligned}$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels, π die halbe Kreisperipherie und t die in mittleren Secunden ausgedrückte Zeit bedeuten. Setzt man für die rechtwinklichten Coordinaten ihre Ausdrücke durch ϱ'' , p , ω'' , nämlich:

$$\begin{aligned}x'' &= \varrho'' \operatorname{Cos} \omega'' - p \operatorname{Sin} \omega'' \\y'' &= \varrho'' \operatorname{Sin} \omega'' + p \operatorname{Cos} \omega''\end{aligned}$$

und multiplicirt man die Gleichungen mit $\operatorname{Cos} \omega''$ und $\operatorname{Sin} \omega''$, ferner mit $-\operatorname{Sin} \omega''$ und $\operatorname{Cos} \omega''$, so sind die Summen ihrer Producte:

$$\left. \begin{aligned}0 &= \frac{d^2 \varrho''}{dt^2} - \varrho'' \left(\frac{d\omega''}{dt} \right)^2 - 2 \frac{dp}{dt} \cdot \frac{d\omega''}{dt} - p \frac{d^2 \omega''}{dt^2} + \pi^2 \lambda (T'' - \operatorname{Cos} \omega'') \\0 &= \frac{d^2 p}{dt^2} - p \left(\frac{d\omega''}{dt} \right)^2 + 2 \frac{d\varrho''}{dt} \cdot \frac{d\omega''}{dt} + \varrho'' \cdot \frac{d^2 \omega''}{dt^2} + \pi^2 \lambda \cdot \operatorname{Sin} \omega''\end{aligned} \right\} (24)$$

Man erhält ein erstes Integral dieser Gleichungen durch Integration der Summe der Producte der ersten in $2(d\varrho'' - p d\omega'')$, der zweiten in $2(\varrho'' d\omega'' + dp)$, nämlich:

$$\begin{aligned}c &= \left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt} \right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p \frac{d\omega''}{dt} \right)^2 \\&\quad - 2\pi^2 \lambda \left\{ \varrho'' \operatorname{Cos} \omega'' - p \operatorname{Sin} \omega'' - \int T'' (d\varrho'' - p d\omega'') \right\} \dots \dots (25)\end{aligned}$$

Das hier noch unter dem Integralzeichen stehende Glied ist, in beiden abgeordneten Fällen, ein vollständiges Differential. Man hat nämlich aus (22) und (23)

$$\begin{aligned}p &= b + a \operatorname{Cos} 2z = 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} \operatorname{Sin} z + a \operatorname{Cos} 2z \\ \varrho'' &= \varrho + a\omega'' + 2a(zz - \operatorname{Sin} 2z - 2z' + \operatorname{Sin} 2z') - 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \operatorname{Cos} z) \\ &\quad + 4\sqrt{\mu} (1 - \operatorname{Cos} z')\end{aligned}$$

woraus

$$\begin{aligned}T'' (d\varrho'' - p d\omega'') &= aT'' (1 - \operatorname{Cos} 2z) (d\omega'' + 4dz) - 2\sqrt{\mu T''} \cdot \operatorname{Sin} z (d\omega'' + 2dz) \\ &\quad + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \operatorname{Cos} z) dT''\end{aligned}$$

folgt. Im ersten Falle ist aber

$$\operatorname{Sin} z = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

und wenn man hierdurch T'' eliminirt, das Differential

$$= -\frac{\mu}{2a} d\omega'' - \frac{2\mu}{a} \cdot \frac{\operatorname{Cos} z \cdot dz}{1 + \operatorname{Cos} z} = -d \left\{ \frac{\mu}{2a} \omega'' + \frac{2\mu}{a} \left(z - \operatorname{tgt} \frac{1}{2} z \right) \right\}.$$

Im anderen Falle ist

$$z = \frac{1}{4} (\omega' - \omega''), \quad dz = -\frac{1}{4} d\omega''$$

also das Differential

$$= 4\sqrt{\mu T''} \cdot \sin z \, dz + z \sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \cos z) \, dT'' = 4d \left\{ \sqrt{\mu T''} \cdot (1 - \cos z) \right\}$$

Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (25) im ersten Falle in

$$c = \left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt} \right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p \frac{d\omega''}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda \left\{ \varrho'' \cos \omega'' - p \sin \omega'' + \frac{\mu}{2a} \omega'' + \frac{2\mu}{a} (z - \operatorname{igt} \frac{1}{2} z) \right\} \quad (26)$$

und im zweiten in

$$c = \left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt} \right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p \frac{d\omega''}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda \left\{ \varrho'' \cos \omega'' - p \sin \omega'' - 4\sqrt{\mu T''} (1 - \cos z) \right\} \dots \quad (27)$$

11.

Die weitere Integration werde ich unter der Bedingung ausführen, daß das Pendel, vor dem Anfange der Bewegung, auf einer Ebene ruht, welche der Axe des Cylinders parallel, in dem Winkel $\omega'' = u'$ gegen die Lothlinie geneigt ist, und daß die Bewegung durch das Wegnehmen dieser Ebene entsteht. Dieser Bedingung zufolge haben, am Anfange der Bewegung, oder für $t = 0$, ϱ'' und p die Werthe (23) und (22), und man hat ferner für dieselbe Zeit $\frac{d\omega''}{dt} = 0$, $\frac{d\varrho''}{dt} = 0$, $\frac{dp}{dt} = 0$.

Die Annäherung werde ich nicht über Gröfsen von der Ordnung von $\sqrt{\mu}$ und a hinausführen, und beide als von der ersten Ordnung betrachten. Um diese Annäherung zu erhalten, ist es nur nothwendig, daß man die Kraft T'' exclusive der Glieder der ersten Ordnung keine, denn sie kömmt in den Ausdrücken von ϱ'' und p und in den Gleichungen (26) und (27) nur in Gröfsen von der ersten Ordnung multiplicirt vor. Man kann daher in der ersten der Gleichungen (24) die Gröfsen der ersten Ordnung vernachlässigen, wodurch sie sich in

$$0 = (T'' - \cos \omega'') \pi^2 \lambda - \varrho \left(\frac{d\omega''}{dt} \right)^2$$

verwandelt: man hat ferner aus (25), exclusive dieser Gröfsen,

$$c = \varrho^2 \left(\frac{d\omega''}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda \varrho \text{Cos } \omega'',$$

und für den Anfang der Bewegung

$$c = - 2\pi^2 \lambda \varrho \text{Cos } u'$$

wodurch man c und $\frac{d\omega''}{dt}$ eliminiren kann, und dann den von allen für die fernere Rechnung überflüssigen Gliedern befreiten Ausdruck

$$T'' = 3 \text{Cos } \omega'' - 2 \text{Cos } u' \dots \dots \dots (28)$$

erhält.

12.

In beiden abgesonderten Fällen ist das zweite Glied der Gleichungen (26) und (27) wegzulassen, indem es von der zweiten Ordnung ist. Man hat also für den ersten Fall

$$\left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt} \right)^2 = 2\pi^2 \lambda \left\{ \varrho'' \text{Cos } \omega'' - p \text{Sin } \omega'' + \frac{\mu}{2a} \omega'' + \frac{2\mu}{a} \left(z - \text{tgt } \frac{1}{2} z \right) - C \right\}$$

wofür ich, immer unter Vernachlässigung der Gröfsen von der zweiten Ordnung,

$$\left(\frac{dx''}{dt} \right)^2 \left\{ 1 + 2 \cdot \frac{\xi'' - \xi}{\xi} + 2 \frac{dp}{d\omega''} \right\} = \frac{2\pi^2 \lambda}{\varrho} \left\{ \text{Cos } \omega'' + \frac{(\xi'' - \xi)}{\xi} \text{Cos } \omega'' - \frac{p}{\varrho} \text{Sin } \omega'' + \frac{\mu \omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho} \left(z - \text{tgt } \frac{1}{2} z \right) - C \right\}$$

schreiben werde.

Dieses Differential ist unter der Form begriffen, für welche ich, in der I. Beilage, das Integral entwickelt habe. Es ist also nur nöthig, dafs man

$$f\omega'' = \frac{\xi'' - \xi}{\xi} \text{Cos } \omega'' + \frac{p}{\varrho} \text{Sin } \omega'' + \frac{\mu \omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho} \left(z - \text{tgt } \frac{1}{2} z \right)$$

$$f'\omega'' = \frac{\xi'' - \xi}{\xi} + \frac{dp}{d\omega''}$$

nach den Potenzen von $\text{Sin } \frac{1}{2} \omega''$ entwickele, und die Coefficienten der geraden Potenzen in die 4^{te} Formel (Beilage I.) setze. Um dieses möglichst leicht auszuführen werde ich diejenigen Glieder beider Ausdrücke, welche allein in der Rechnung bleibende, gerade Potenzen von $\text{Sin } \frac{1}{2} \omega''$ enthalten, zuerst von z allein abhängig machen. Man hat nämlich, da

$$\text{Sin } z = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\mu}{T''}}, \quad \text{Sin } z' = \frac{1}{2a} \sqrt{\mu}$$

ist, aus (23), wenn man die ungeraden Glieder wegläßt:

$$\varrho'' - \varrho = 2a \{2z - 4 \sin z + \sin 2z - 2z' + 4 \sin z' - \sin 2z'\}$$

und für das letzte Glied des Ausdrucks von $f\omega''$

$$\frac{2\mu}{a} \left\{ z - \operatorname{tgt} \frac{1}{2} z \right\} = 8a \sin z'^2 \left\{ z - \operatorname{tgt} \frac{1}{2} z \right\};$$

die übrigen Glieder von $f\omega''$ und $f'\omega''$ fallen weg, da sie nur ungerade Potenzen von $\sin \frac{1}{2}\omega''$ enthalten. Da aber

$$\frac{\sin z'^2}{\sin z^2} = T'' = 1 - 6 \sin \frac{1}{2} \omega''^2 + 4 \sin \frac{1}{2} u'^2$$

so darf man nur die beiden durch z ausgedrückten Größen als Functionen von $\frac{1}{\sin z^2}$ betrachten, und ihre Entwicklung mit den ähnlichen Functionen von z' anfangen, während man sie nach den Potenzen von

$$\frac{1}{\sin z^2} - \frac{1}{\sin z'^2} = \frac{-6 \sin \frac{1}{2} \omega''^2 + 4 \sin \frac{1}{2} u'^2}{\sin z'^2}$$

fortgehen läßt. Auf diese Art findet man die in der I. Beilage durch α'' , α''' , β , β'' bezeichneten Coefficienten

$$\alpha'' = \frac{a}{\varrho} \sin z' (1 - \cos z') \cdot 64 \sin \frac{1}{2} u'^2$$

$$\alpha''' = -\frac{a}{\varrho} \sin z' (1 - \cos z') \cdot 24 \quad .$$

$$\beta = \frac{a}{\varrho} \sin z' (1 - \cos z') \cdot 16 \sin \frac{1}{2} u'^2$$

$$\beta'' = -\frac{a}{\varrho} \sin z' (1 - \cos z') \cdot 24 \quad .$$

Ferner ist

$$nn = \frac{\pi^2 \lambda}{\varrho}$$

also die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig schwingt

$$= \varrho + a \sin z' (1 - \cos z') \cdot 22 \sin \frac{1}{2} u'^2$$

oder, wenn man z' durch μ und a ausdrückt:

$$= \varrho + 11 \sqrt{\mu} \left\{ 1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\mu}{4aa} \right)} \right\} \sin \frac{1}{2} u'^2 \dots \dots \dots (29)$$

Im zweiten Falle hat man, durch (27), die Gleichung:

$$\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 \left\{ 1 + 2 \frac{\xi'' - \xi}{\xi} + \frac{2dp}{\xi d\omega''} \right\} = \frac{2\pi^2 \lambda}{\xi} \left\{ \text{Cos } \omega'' + \frac{\xi'' - \xi}{\xi} \text{Cos } \omega'' - \frac{p}{\xi} \text{Sin } \omega'' \right. \\ \left. - \frac{4\sqrt{\mu T''}}{\xi} \left(1 - \text{Cos } \frac{\omega' - \omega''}{4} \right) - C \right\}$$

oder

$$f\omega'' = \frac{\xi'' - \xi}{\xi} \text{Cos } \omega'' - \frac{p}{\xi} \text{Sin } \omega'' - \frac{4\sqrt{\mu T''}}{\xi} \left(1 - \text{Cos } \frac{\omega' - \omega''}{4} \right) \\ f'\omega'' = \frac{\xi'' - \xi}{\xi} + \frac{dp}{\xi d\omega''}$$

Allein in diesem Falle ist:

$$\xi'' - \xi = 2a \left\{ \text{Sin } \frac{1}{2}\omega' - \text{Sin } \frac{\omega' - \omega''}{2} \right\} - 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}} \left(1 - \text{Cos } \frac{\omega' - \omega''}{4} \right) + 4\sqrt{\mu} \left(1 - \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right) \\ p = a \text{Cos } \frac{\omega' - \omega''}{2} + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} \text{Sin } \frac{\omega' - \omega''}{4} \\ T'' = 3 \text{Cos } \omega'' - 2 \text{Cos } u'$$

Setzt man dieses in die Ausdrücke von $f\omega''$ und $f'\omega''$, und entwickelt man dieselben nach den Potenzen von $\text{Sin } \frac{1}{2}\omega''$, so erhält man

$$\alpha'' = - \frac{a}{\xi} \text{Sin } \frac{\omega'}{2} + \frac{\sqrt{\mu}}{\xi} \left\{ \text{Cos } \frac{\omega'}{4} + \left(32 - 36 \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right) \text{Sin } \frac{1}{2} u'^2 \right\} \\ \alpha''' = - \frac{3}{4} \cdot \frac{a}{\xi} \text{Sin } \frac{\omega'}{2} + \frac{\sqrt{\mu}}{\xi} \left\{ -12 + \frac{287}{16} \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right\} \\ \beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\xi} \text{Sin } \frac{\omega'}{2} + \frac{\sqrt{\mu}}{\xi} \left\{ -\frac{1}{2} \text{Cos } \frac{\omega'}{4} + \left(8 - 7 \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right) \text{Sin } \frac{1}{2} u'^2 \right\} \\ \beta'' = \frac{3}{4} \cdot \frac{a}{\xi} \text{Sin } \frac{\omega'}{2} + \frac{\sqrt{\mu}}{\xi} \left\{ -12 + \frac{113}{16} \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right\}$$

Hieraus folgt, nach der Formel 4, Beilage I, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

$$= \xi + \frac{1}{2} a \text{Sin } \frac{\omega'}{2} - \sqrt{\mu} \cdot \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \\ + \left\{ \frac{3}{16} a \text{Sin } \frac{\omega'}{2} + \sqrt{\mu} \left(11 - \frac{735}{64} \text{Cos } \frac{\omega'}{4} \right) \right\} \text{Sin } \frac{1}{2} u'^2 \dots \dots (30)$$

13.

Die Annahme am Anfange des 11^{ten} Art., dafs nämlich das Pendel aus dem Zustande des Gleichgewichts in die Bewegung übergeht, hat die Rechnung bedeutend abgekürzt, indem dadurch zwei willkürliche Constanten welche in dem vollständigen Integrale der Gleichungen enthalten sind, verschwinden. Dadurch gehen alle Glieder deren Periode von der durch die Ausdrücke (29), (30) bestimmten verschieden ist, aus der Rechnung, so wie etwas ähnliches immer stattfindet wenn ein System von materiellen Punkten, in Beziehung auf alle möglichen Bewegungen, exclusive einer einzigen, vor dem Anfange der Bewegung, ins Gleichgewicht gebracht ist. Diese hier verschwundenen Glieder haben Perioden, deren Dauern von den störenden Kräften abhängen und daher weit kürzer sind als die Hauptperiode des Pendels, welche ich allein bestimmt habe; sie bringen eine scheinbar zitternde Bewegung des Pendels hervor, welche jedesmahl vorhanden sein muß wenn der Anfang der Bewegung der gemachten Voraussetzung nicht wirklich entspricht. Man wird aber schwer zu der Überzeugung gelangen können, dafs der Anfang der Bewegung, bei einer Reihe von Schwingungen des Pendels, diese Bedingung erfüllt; allein noch schwerer würde die Bestimmung der ursprünglichen Werthe von $\frac{d\varphi''}{dt}$ und $\frac{dp}{dt}$ sein, indem diese allein aus Zufälligkeiten entstehen, vorausgesetzt dafs man beabsichtigt die über den Anfang der Bewegung gemachte Bedingung zu erfüllen. Es geht hieraus hervor, dafs die Bewegung des Pendels gewissermaßen unbestimmt bleibt. Allein diese Unbestimmtheit hat auf die Versuche keinen Einfluß, indem theils die Kürze der Perioden der erwähnten Glieder verursacht, dafs die aus einem Intervalle von vielen Schwingungen abgeleitete Schwingungszeit, nicht merklich geändert werden kann, theils aber auch diese Glieder durch den Widerstand der Luft sehr bald vernichtet werden, so dafs, bald nach dem Anfange einer Beobachtungsreihe, die Bewegung des Pendels, wirklich in den Zustand kömmt, welcher der Rechnung zum Grunde gelegt wurde. Die letzte Bemerkung findet bei allen Gliedern von kurzer Periode ihre Anwendung; also auch bei denen welche aus der Ausdehnbarkeit des Fadens und aus den Drehungen der einzelnen Theile des Pendels um ihre eigenen Hauptaxen entstehen.

Beilage III.

Tafel für den Werth eines Pendelschlages der Uhr P ,
in mittlerer Zeit.

k	a	Diff.	b
45'	0,9976390.63	80.37	0,0000115.47
46	6310.26	76.93	115.47
47	6233.33	73.73	115.47
48	6159.60	70.72	115.47
49	6088.88	67.87	115.47
50	6021.01	65.22	115.47
51	5955.79	62.72	115.47
52	5893.07	60.35	115.47
53	5832.72	58.11	115.47
54	5774.61	56.00	115.47
55	5718.61	53.99	115.46
56	5664.62	52.10	115.46
57	5612.52	50.31	115.46
58	5562.21	48.60	115.46
59	5513.61	46.98	115.46
60	5466.63	45.43	115.46
61	5421.20	43.98	115.46
62	5377.22	42.57	115.46
63	5334.65	41.25	115.46
64	5293.40	39.97	115.46
65	5253.43		115.46

Wenn die Zeit k der Uhr R , der Zeit $k - 1''$ der Uhr P gleich, und die tägliche Verspätung der ersteren gegen Sternzeit $= s$, so ist ein Pendelschlag der letzteren, in mittlerer Zeit ausgedrückt,

$$= a + b.s.$$

Beilage IV.

Einwirkung der Temperatur auf den Pendelapparat.

Tafel für die wahren Temperaturen, welche den Angaben der drei Thermometer e' , e'' , e''' entsprechen.

Angabe der Therm.	Wahre Temperatur.			Angabe der Therm.	Wahre Temperatur.		
	e'	e''	e'''		e'	e''	e'''
0°	— 0,23	— 0,39	— 0,44	15°	14,25	14,30	14,16
1	+ 0,74	+ 0,59	+ 0,52	16	15,20	15,27	15,13
2	1,70	1,58	1,48	17	16,16	16,24	16,11
3	2,67	2,56	2,44	18	17,13	17,21	17,10
4	3,63	3,54	3,40	19	18,10	18,18	18,09
5	4,59	4,53	4,37	20	19,07	19,16	19,08
6	5,54	5,52	5,35	21	20,05	20,14	20,07
7	6,50	6,51	6,33	22	21,03	21,13	21,06
8	7,46	7,50	7,31	23	22,01	22,11	22,05
9	8,45	8,48	8,30	24	22,99	23,09	23,04
10	9,44	9,46	9,30	25	23,97	24,06	24,03
11	10,42	10,44	10,29	26	24,95	25,02	25,01
12	11,41	11,41	11,28	27	25,93	25,98	25,99
13	12,36	12,37	12,24	28	26,91	26,95	26,98
14	13,31	13,34	13,20	29	27,90	27,93	27,97
15	14,25	14,40	14,16	30	28,90	28,92	28,96

Der Einfluss der Temperatur auf die Messungen des kurzen Pendels ist folgendermaßen berechnet worden. Der feste Ansatz, auf welchem der Cylinder von Stahl (i) ruht, ist 521 Lin. über dem Boden des Gehäuses; der Cylinder (i) ist 46 Lin. lang; die auf seiner oberen Ebene ruhende Kugel des Abwickelungs-Cylinders hat 3 Lin. Halbmesser und ihr Mittelpunkt ist 570 Lin. hoch. Der Punkt der eisernen Stange wo die Hülse von Glockenmetall befestigt ist, welche die Mikrometerschraube und den Cylinder mit dem Fühlhebel enthält, ist 430,5 Lin. unter dem festen Ansätze, also 90,5 L. hoch; diese Hülse ist 51,5 Lin. lang, ihr unteres Ende also 39 Lin. hoch. Die Ausdehnungen dieser Theile, nämlich des Stahlcylinders (i) und der darauf liegenden Kugel, des Eisens der Stange zwischen dem festen Ansätze und dem Befestigungspunkte der Hülse, endlich der Hülse, vergrößern die Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte; die folgenden wirken vom unteren Ende der Hülse an, also in entgegengesetzter Richtung:

die Mikrometerschraube von Stahl, 12,5 Lin. lang; die Mutter derselben von Messing, 6 Lin. lang; der Stahlcylinder welcher den Fühlhebel trägt, 48 Lin. lang; endlich der Halbmesser der Pendelkugel von 12,1 Lin., welcher in die Rechnung kömmt, indem die thermometrischen Ausdehnungen bis zum Schwingungspunkte genommen werden müssen.

Bezeichnet man die Ausdehnungen des Stahls, Eisens, Glockenmetalls und Messings durch S , E , G , M , so hat man für die verschiedenen angeführten Theile:

	Höhe der Mitte = h	Ausdehnung für $1^{\circ}C$
Kugel am Abwickelungs-Cylinder ..	568,5	+ 3,0. S
Cylinder i , worauf dieselbe ruht ...	544,0	+ 46,0. S
Eiserne Stange	305,75	+ 430,5. E
Hülse der Mikrometervorrichtung...	64,75	+ 51,5. G
Mikrometerschraube.....	45,25	- 12,5. S
Schraubennutter derselben	53,75	- 6,0. M
Stahl-Cylinder unter dem Fühlhebel	81,5	- 48,0. S
Halbmesser der Pendelkugel.....	111,5	- 12,1. M

Nimmt man die Temperaturen dieser Theile, nach dem 7^{ten} Artikel

$$= \frac{584 - h}{388} e' + \frac{h - 196}{388} e''$$

und setzt man die Ausdehnungen der Metalle

$$S = 0,000011898. \text{ Troughton}$$

$$E = 0,000011400. \text{ Borda}$$

$$G = 0,000019080. \text{ Berthoud}$$

$$M = 0,000018782. \text{ Lavoisier und Laplace}$$

so erhält man die Änderung der Entfernung des Aufhängepunkts vom Fühlhebel, weniger dem Halbmesser der Kugel

$$= 0,0035153 \cdot e' + 0,0018979 \cdot e''$$

$$= 0,0054132 \{ 0,6494 \cdot e' + 0,3506 \cdot e'' \}$$

Wenn dagegen die Toise auf dem Cylinder (i) steht, und der Abwickelungs-Cylinder auf ihrem oberen Ende ruht, so hat man für die

Kugel am Abwickelungs-Cylinder	1432,5	+ 3,0 S
Toise.....	999,0	+ 864,0 E

und ferner die für das kurze Pendel berechneten Wirkungen der Temperatur, mit Ausnahme der ersteren. Nimmt man für die hinzugekommenen beiden Theile, die Temperatur

$$= \frac{1292 - h}{708} e'' + \frac{h - 584}{708} e'''$$

so erhält man die Veränderung für jeden Grad des Thermometers:

$$- 0,0000014 \cdot e' + 0,0040339 \cdot e'' + 0,0058162 \cdot e''',$$

oder, wenn man e'' für e' setzt, was wegen der Kleinheit des in e' multiplicirten Gliedes erlaubt ist.

$$\begin{aligned} &+ 0,0040325 \cdot e'' + 0,0058162 \cdot e''' \\ &= 0,0098487 \{ 0,4095 \cdot e'' + 0,5905 \cdot e''' \} \end{aligned}$$

Dafs der Coefficient mit dem im 7^{ten} Art. angegebenen richtigeren, nicht vollkommen übereinstimmt, rührt daher, dafs hier die Toise $0,16$ (um welche Quantität sie beim Eispunkte kürzer ist als 864 Lin.) zu lang angenommen worden ist.

Ich füge noch eine Tafel für die Länge der Toise und die Veränderung von F hinzu:

Temperatur.	Toise.	F	Temperatur.	Toise.	F
0^0	863,83917	$0,00000$	15^0	863,98689	$+ 0,08120$
1	84902	$+ 0,00541$	16	99674	0,08661
2	85887	0,01083	17	864,00659	0,09202
3	86872	0,01624	18	01643	0,09744
4	87857	0,02165	19	02628	0,10285
5	88841	0,02707	20	03613	0,10826
6	89826	0,03248	21	04598	0,11368
7	90811	0,03789	22	05582	0,11909
8	91796	0,04331	23	06567	0,12450
9	92780	0,04872	24	07552	0,12992
10	93765	0,05413	25	08537	0,13533
11	94750	0,05955	26	09522	0,14074
12	95735	0,06496	27	10506	0,14616
13	96720	0,07037	28	11491	0,15157
14	97704	0,07578	29	12476	0,15698
15	98689	0,08120	30	13461	0,16240

Beilage V.

Certificat über die Vergleichung der Toise.

Le 31^{me} août 1823, nous avons comparé, Mr. ZAHRTMANN et moi, la toise en fer que Mr. FORTIN a construite pour Mr. BESSEL de Königsberg, à l'étalon en fer de l'observatoire connu sous le nom de Toise du Pérou. Il nous a semblé que la Règle de Mr. BESSEL est plus courte que l'étalon de l'observatoire de $\frac{1}{1275^{\text{me}}}$ de ligne (de un douze cent soixante dix-huitième de ligne).

(signé) F. ARAGO. ZAHRTMANN.

Beilage VI.

Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit.

Wenn man, dem 13^{ten} Art. zufolge, für die Summe der bewegten Theilchen der Flüssigkeit, jedes in das Quadrat seiner Geschwindigkeit multiplicirt, den Ausdruck

$$m' u' u' n n \{b^{(0)} + b^{(2)} \text{Cos } (2nt + B^{(2)}) + b^{(4)} \text{Cos } (4nt + B^{(4)}) + \text{u. s. w.}\}$$

annimmt, und den durch den Anstoß des Pendels an immer andere Theile der Flüssigkeit verursachten Verlust an lebendiger Kraft nicht berücksichtigt, indem er auf die Zeit einer ganzen Schwingung keinen Einfluss hat, so hat man die Gleichung der Bewegung:

$$c = m \{ \mu + s s \} \left(\frac{du}{dt} \right)^2 - 2\pi^2 \lambda \{ m s - m' s' \} \text{Cos } u \\ + m' u' u' n n \{ b^{(0)} + b^{(2)} \text{Cos } (2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots \}$$

oder

$$c = \left(\frac{du}{dt} \right)^2 - 2n' n' \{ \text{Cos } u - u' u' \zeta (b^{(0)} + b^{(2)} \text{Cos } (2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots) \}$$

wo

$$n' n' \text{ für } \frac{\pi^2 \lambda (m s - m' s')}{m (\mu + s s)} \\ \zeta \text{ für } \frac{m' n n}{2\pi^2 \lambda (m s - m' s')}$$

geschrieben ist. Wenn man diese Gleichung mit der in der I. Beilage untersuchten vergleicht, so hat man

$$\begin{aligned} fu &= -u'u' \zeta (b^{(0)} + b^{(2)} \text{Cos } (2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \dots) \\ f'u &= 0 \end{aligned}$$

und für das dortige n , hier n' . Man kann daher die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels, durch die dritte Formel jener Beilage erhalten. Allein da es noch unentschieden ist, ob $b^{(0)}$, $b^{(2)}$, \dots , $B^{(2)}$, \dots beständig, oder von der Ausdehnung der Schwingungen abhängig sind, so kann der von dem Quadrate und den höheren Potenzen des Schwingungswinkels abhängige Theil der Zeit, nicht vollständig gefunden werden, weshalb ich von der erwähnten Formel alles weglassen werde, was nur auf diesen Theil Einfluss erhält. Dadurch verwandelt diese Formel sich in

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{1}{n'} \int d. \frac{fu - f^0}{\sqrt{(u'u' - uu)}} ,$$

und da hier nur die Einwirkung welche von der Ordnung der störenden Ursache selbst ist, bestimmt wird, so kann für u die von dieser Störung unabhängige Annäherung gesetzt werden; nämlich, unter der Voraussetzung das die Zeit t von dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie angezählt wird:

$$u = u' \text{Sin } n't; \quad \sqrt{(u'u' - uu)} = u' \text{Cos } n't;$$

Schreibt man, um abzukürzen z für $n't$, so ist die Schwingungszeit:

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{\zeta}{n'} \int d. \left\{ \frac{b^{(2)} \text{Cos } B^{(2)} (1 - \text{Cos } 2z) + b^{(2)} \text{Sin } B^{(2)} \text{Sin } 2z + b^{(4)} \text{Cos } B^{(4)} (1 - \text{Cos } 4z) + \text{u. s. w.}}{\text{Sin } z} \right\} \frac{1}{\text{Cos } z}$$

wo das Integral von $z = -\frac{1}{2}\pi$ bis $z = \frac{1}{2}\pi$ genommen wird.

Die bestimmten Integrale welche hier vorkommen, haben die Formen

$$\int \frac{d. \frac{1 - \text{Cos } 2hz}{\text{Sin } z}}{\text{Cos } z} \quad \text{und} \quad \int \frac{d. \frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } z}}{\text{Cos } z} .$$

Das erste ist, wenn wirklich differentiirt wird,

$$= 4h \int \frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } 2z} dz - \int \frac{1 - \text{Cos } 2hz}{\text{Sin } z^2} dz ;$$

allein man hat

$$\frac{\sin 2hz}{\sin 2z} = \cos (2h-2)z + \cos (2h-6)z + \cos (2h-10)z + \dots + \cos (-2h+2)z$$

$$\frac{1-\cos 2hz}{\sin z^2} = 2h + 4(h-1)\cos 2z + 4(h-2)\cos 4z + \dots + 4\cos (2h-2)z$$

woraus hervorgeht, daß das zwischen den angegebenen Grenzen genommene Integral

$$\int \frac{\sin 2hz}{\sin 2z} dz$$

verschwindet wenn h eine gerade Zahl ist, allein $= \pi$ wird wenn h ungerade ist; ferner daß man

$$\int \frac{1-\cos 2hz}{\sin z^2} dz = 2h\pi$$

hat. Man erhält also

$$\int d. \frac{1-\cos 2hz}{\cos z} = 2h \{1 - (-1)^h\} - 2h = (-1)^{h+1} \cdot 2h.$$

Das zweite bestimmte Integral ergibt durch theilweise Integration

$$\frac{2\sin 2hz}{\sin 2z} - \int \frac{\sin 2hz}{\cos z^2} dz;$$

der oben gegebene Ausdruck des ersten Gliedes zeigt, daß es, zwischen den angegebenen Grenzen genommen, verschwindet; das zweite Glied verschwindet gleichfalls, indem das Differential, für $-z$ und $+z$ entgegengesetzte Werthe von gleicher Größe hat. Man hat also

$$\int d. \frac{\sin 2hz}{\cos z} = 0$$

Substituirt man diese Werthe der bestimmten Integrale in den Ausdruck der Schwingungszeit, so erhält man dieselbe

$$= \frac{\pi}{n'} + \frac{2\zeta\pi}{n'} \left\{ b^{(2)} \cos B^{(2)} - 2b^{(4)} \cos B^{(4)} + 3b^{(6)} \cos B^{(6)} \text{ u. s. w. } \dots \right\}$$

Verwechselt man nn mit $n'n'$ im Ausdrucke von ζ , welches erlaubt ist, so hat man

$$\zeta = \frac{m'}{2m(u+ss)};$$

schreibt man ferner für n' seinen Ausdruck, und C für

$$b^{(2)} \text{Cos } B^{(2)} - 2b^{(4)} \text{Cos } B^{(4)} + 3b^{(6)} \text{Cos } B^{(6)} - \text{u. s. w. . . .}$$

so verwandelt sich der Ausdruck der Schwingungszeit in

$$\sqrt{\frac{m(\mu + ss)}{\lambda(m s - m' s')}} \left\{ 1 + \frac{m' C}{m(\mu + ss)} \right\};$$

oder die Länge des einfachen, in derselben Zeit schwingenden Pendels, nämlich das Quadrat der Schwingungszeit in λ multiplicirt, ist

$$\frac{\mu + \frac{2m'}{m} C + ss}{s \left(1 - \frac{m' s'}{m s} \right)}.$$

Es geht hieraus hervor, daß eine das Pendel umgebende Flüssigkeit von sehr geringer Dichtigkeit, auf die Dauer sehr kleiner Schwingungen keinen andern Einfluß hat, als daß sie die Schwerkraft vermindert und das Moment der Trägheit vermehrt. Wenn die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln des Pendels proportional ist, so ist diese Vermehrung des Moments der Trägheit sehr nahe beständig; im entgegengesetzten Falle hängt sie von den Schwingungswinkeln ab.

Beilage VII.

Bestimmung der einzelnen Theile der verschiedenen, bei den Versuchen angewandten Pendel, und Berechnung ihrer Zusammensetzung.

Das Gewicht welches den folgenden Abwiegunen zum Grunde liegt, ist das Preussische Pfund von 7680 Gran, welches, nach Herrn Eytelweins sorgfältiger Bestimmung 467,7112 Grammen wiegt. Das Exemplar davon, welches ich benutzte, ist das von Messing gemachte Normalpfund der hiesigen Aichungscommission. Die Abtheilungen desselben erhielt ich dadurch, daß ich andere, näherungsweise richtige Gewichte von 12, 6, 3, 2, 1 Unzen, 240, 120, 60 . . . Gran zuerst untereinander ausglich, oder vielmehr ihre relativen Fehler bestimmte, dann das wahre Pfund damit wog, wodurch die absoluten Gewichte der einzelnen Stücke bekannt wurden.

Die Pendelkugel von Messing, mit Einschluß der eingeschraubten Fadenklemme wog 11418,15 Gr.; die letztere allein 19,72. In destillirtem Wasser von $15^{\circ}, 8 C.$ Wärme, wogen Kugel und Klemme 10025,07, die letztere allein 17,30; dabei stand das Barometer, dessen Temperatur $= 12^{\circ}, 5 C.$ war, auf 341,17 Lin., wodurch die beiden letzten Angaben, auf den leeren Raum reducirt, sich in 10023,63 und 17,30 verwandeln. Hieraus folgt, dafs die Kugel mit der Klemme vereinigt 1394,52 Gr., die letztere allein 2,42 Gr. Wasser von der angegebenen Wärme aus dem Wege drängen; der Unterschied der von beiden eingenommenen Räume drängt also 1392,10 Gr. aus dem Wege.

Nach den Untersuchungen des Herrn Hällström (*Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae. Aboae 1802*) ist die Dichte des Wassers bei der angegebenen Temperatur $= 0,9993053$, das Maximum derselben $= 1$ gesetzt; also wird der Raum welchen die Kugel bei $15^{\circ}, 8 C.$ Temperatur einnimmt, durch 1393,067 Gr. des dichtesten Wassers gefüllt, und ihr Raum bei der Temperatur des Eispunkts durch 1391,826 Gran. Hieraus ist das im 15^{ten} Art. angegebene specifische Gewicht hervorgegangen.

Da das Kilogramm einen Cubus des dichtesten Wassers von 1 Decimeter Seite, im leeren Raume aufwiegt, so ist das Gewicht einer Cubiclinie des dichtesten Wassers

$$\frac{1000,7680}{467,7112 (41,32959)^3} = 0,4884961 \text{ Gran,}$$

wodurch man den Unterschied der Räume welche Kugel und Klemme, und die letztere allein, bei der Temperatur des Eispunkts, einnehmen $= 7383,84$ Cubiclinien findet. Dieser Raum ist aber kleiner als die ganze Kugel, denn es ist an der Stelle wo die Fadenklemme eingeschraubt wird, ein Segment abgeschliffen, dessen Basis ein Kreis von 2 Lin. Halbmesser ist; ferner fehlt noch der Raum welchen die Schraube an der Fadenklemme einnimmt, die man als einen Cylinder von 1,25 Lin. Höhe und 0,75 Lin. Halbmesser ansehen kann. Wenn a den Halbmesser der Kugel bezeichnet, so hat man daher

$$7383,84 = \frac{2}{3} \pi a^3 \left\{ 1 + \left(1 + \frac{2}{aa} \right) \sqrt{1 - \frac{4}{aa}} \right\} - \frac{45}{64} \pi$$

woraus der Halbmesser der Kugel, für die Temperatur des Eispunkts, $= 12,4082$ folgt.

Berechnung der Pendel für die erste Reihe der Versuche.

Ich werde die Pendel aus acht Theilen zusammengesetzt annehmen und die Gewichte derselben durch m , die Entfernung des Schwerpunkts eines jeden Theils vom Mittelpunkte der Bewegung durch s , das Moment der Trägheit desselben, auf eine horizontale, durch seinen Schwerpunkt gehende Axe bezogen, durch μ bezeichnen.

1. Das Messingblättchen, dessen Länge ich r nenne, und dessen Gewicht $= 0,01759 r$ ist.

$$m^{(1)} = 0,01759 \cdot r ; \quad s^{(1)} = \frac{1}{2} r ; \quad \mu^{(1)} = 0,001466 \cdot r^3 .$$

2. Die Klemme am Messingblättchen, mit der eingeschraubten oberen Fadenklemme zusammen, wiegt 40,49 Gran, und ich habe ihren Schwerpunkt 3,56 Lin. unter dem Ende des Messingblättchens gefunden, ihr Moment der Trägheit $= 157$.

$$m^{(2)} = 40,49 ; \quad s^{(2)} = r + 3,56 ; \quad \mu^{(2)} = 157 .$$

3. Der Faden, dessen Länge ich durch r' bezeichne, und dessen Gewicht, für beide Pendel, 10,95 und 3,58 Gran ist. Die Fadenklemme in welcher er befestigt ist und die Klemme des Messingblättchens haben, zusammengeschrubt, eine Länge von 6,5 Lin.; der Faden geht durch die erstere ganz hindurch und ist am Ende der Schraube derselben, welche 3,25 Lin. von der Spitze des Kegels dieser Fadenklemme entfernt ist, abgeschnitten; dasselbe findet an dem unteren, in die Kugel eingeschraubten Ende des Fadens statt. Der Anfang des Fadens ist also $r + 3,25$ Lin. vom Mittelpunkte der Bewegung entfernt, und man hat für das lange Pendel:

$$m^{(3)} = 10,95 ; \quad s^{(3)} = r + 3,25 + \frac{1}{2} r' ; \quad \mu^{(3)} = \frac{10,95}{12} r' r' .$$

für das kurze:

$$m^{(3)} = 3,58 ; \quad s^{(3)} = r + 3,25 + \frac{1}{2} r' ; \quad \mu^{(3)} = \frac{3,58}{12} r' r' .$$

4. Der Coincidenzcyylinder, für das lange Pendel:

$$m^{(4)} = 3,81 ; \quad s^{(4)} = 1277,8 ; \quad \mu^{(4)} = 2 .$$

für das kurze:

$$m^{(4)} = 3,69 ; \quad s^{(4)} = 413,8 ; \quad \mu^{(4)} = 2 .$$

5. Die untere Fadenklemme, deren Schwerpunkt von dem Ende ihrer Schraube, also auch von dem des Fadens, 1,83 Lin. entfernt ist,

$$m^{(5)} = 19,72 ; \quad s^{(5)} = r + 1,42 + r' ; \quad \mu^{(5)} = 19.$$

6. Das abgeschliffene Segment der Kugel, welches ich als eine negative Masse betrachte. Der räumliche Inhalt eines Segments, dessen Basis, am Mittelpunkte einer Kugel vom Halbmesser a , den Winkel 2ϕ einschließt, ist

$$\frac{4}{3} a^3 \pi \sin \frac{1}{2} \phi^4 \{3 - 2 \sin \frac{1}{2} \phi^2\} ;$$

also sein Gewicht, wenn das Gewicht einer Cubiclinie des Metalls durch Δ bezeichnet wird,

$$\frac{4}{3} \Delta a^3 \pi \sin \frac{1}{2} \phi^4 \{3 - 2 \sin \frac{1}{2} \phi^2\} ;$$

die Entfernung seines Schwerpunkts von der Basis

$$a \sin \frac{1}{2} \phi^2 \frac{2 - \sin \frac{1}{2} \phi^2}{3 - 2 \sin \frac{1}{2} \phi^2} ;$$

das Moment der Trägheit, auf den Schwerpunkt bezogen,

$$\frac{4 \Delta a^5 \pi \sin \frac{1}{2} \phi^6}{3 - 2 \sin \frac{1}{2} \phi^2} \left\{ 2 - \frac{11}{3} \sin \frac{1}{2} \phi^2 + \frac{12}{5} \sin \frac{1}{2} \phi^4 - \frac{3}{5} \sin \frac{1}{2} \phi^6 \right\}.$$

Setzt man in diesen Formeln $\sin \phi = \frac{2}{12,062}$ und $\Delta = 8,19 \times 0,1884961 = 1,5437$ Gran, so findet man das Gewicht = 1,63 Gran; die Entfernung des Schwerpunkts von der Basis = 0,06 Lin.; das Moment der Trägheit = 1. Hiernach ist für das abgeschliffene Segment der Kugel zu nehmen:

$$m^{(6)} = -1,63 ; \quad s^{(6)} = r + 1,94 + r' ; \quad \mu^{(6)} = -1.$$

7. Das Loch in der Kugel; es ist, von der Basis des Segments angerechnet, 4 Lin. tief gebohrt und hat 0,75 Lin. Halbmesser. Da das Ende des Fadens $r + 3,25 + r'$ vom Mittelpunkte der Bewegung, und 1,25 L. von der Basis des Segments entfernt ist, so findet man für das eingebohrte Loch:

$$m^{(7)} = -10,91 ; \quad s^{(7)} = r + 4 + r' ; \quad \mu^{(7)} = -16.$$

8. Die Kugel, als vollständig betrachtet. Ihre Masse ist = 11398,43 + 1,63 + 10,91 = 11410,97 Gr.; ihr Mittelpunkt ist 11,9143 Lin. von der Basis des Segments entfernt, woraus folgt:

$$m^{(8)} = 11410,97 ; \quad s^{(8)} = r + 13,91 + r' ; \quad \mu^{(8)} = 666285.$$

Ich habe hier nicht näher angegeben, wie ich die Schwerpunkte und Momente der Trägheit der Theile 2 und 5 gefunden habe; ich würde dabei weitläufigere Erklärungen über die Figuren dieser Theile habe geben müssen, welche ich glaubte unterdrücken zu dürfen, da der Einfluss derselben auf das Endresultat der Versuche unbedeutend ist.

Die Länge des einfachen, mit dem zusammengesetzten in gleicher Zeit schwingenden Pendels, dieses als festen Körper angesehen, ist

$$l = \frac{\sum \mu + \sum m s s}{\sum m s}$$

oder, wenn man die sich auf die Kugel beziehenden Theile dieses Ausdrucks besonders schreibt:

$$l = s^{(6)} + \frac{\sum \mu + \sum m s s - s^{(6)} \sum m s}{m^{(6)} s^{(6)} + \sum m s}$$

wo $\sum m s s$ und $\sum m s$ sich auf die ersten 7 Theile beziehen. Schreibt man $s^{(6)} + c$ für l , so hat man also

$$c = \frac{\sum \mu - m^{(1)} s^{(1)} (s^{(6)} - s^{(1)}) - m^{(2)} s^{(2)} (s^{(6)} - s^{(2)}) - \text{u. s. w. . .}}{m^{(6)} s^{(6)} + m^{(1)} s^{(1)} + m^{(2)} s^{(2)} + \text{u. s. w. . .}}$$

Dieser Ausdruck enthält, aufser bekannten Längen und Gewichten, r und r' , oder die Längen des Messingblättchens und des Fadens. Die erstere geht aus der gemessenen und bei den Versuchen angegebenen Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte des Pendels hervor, und ist immer zwischen 14,5 und 15 Lin., weshalb ich sie durch $14,5 + i$ bezeichnen werde; die andere ist nicht gemessen, sondern muß durch die ganze Pendellänge ausgedrückt werden. Bezeichnet man diese, so wie sie bei den Versuchen angegeben worden ist, durch $F + h$, wo $F = 442,40$ L., ferner h für das lange Pendel durch $862,6 + i'$ und für das kurze durch $-1,4 + i'$, so hat man durch die Ausdrücke der Entfernungen der Schwerpunkte der Theile (2) und (8) vom Mittelpunkte der Bewegung:

$\overbrace{\quad \quad \quad \text{langes Pendel.} \quad \quad \quad}$	$\overbrace{\quad \quad \quad \text{kurzes Pendel.} \quad \quad \quad}$
$r + 3,56 = 14,5 + i \dots\dots\dots$	$= 14,5 + i$
$r + r' + 13,91 = 1305,00 + i' \dots\dots\dots$	$= 441,00 + i'$

oder

$$r = 10,94 + i \dots\dots\dots = 10,94 + i$$

$$r' = 1280,15 + i' - i \dots\dots\dots = 416,15 + i' - i$$

Substituirt man diese Ausdrücke von r und r' , so findet man für das lange Pendel:

$$\begin{array}{ll} m^{(1)} = & 0,19 \quad s^{(1)} = 5,47 + \frac{1}{2}i \\ m^{(2)} = & 40,49 \quad s^{(2)} = 14,50 + i \\ m^{(3)} = & 10,95 \quad s^{(3)} = 654,265 + \frac{1}{2}i + \frac{1}{2}i' \\ m^{(4)} = & 3,81 \quad s^{(4)} = 1277,80 \\ m^{(5)} = & 19,72 \quad s^{(5)} = 1292,51 + i' \\ m^{(6)} = & -1,63 \quad s^{(6)} = 1293,03 + i' \\ m^{(7)} = & -10,91 \quad s^{(7)} = 1295,09 + i' \\ m^{(8)} = & 11410,97 \quad s^{(8)} = 1305,00 + i' \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} s^{(5)} - s^{(4)} = & 1299,53 - \frac{1}{2}i + i' \quad \mu^{(1)} = 0 \\ s^{(6)} - s^{(2)} = & 1290,50 - i + i' \quad \mu^{(2)} = 157 \\ s^{(6)} - s^{(3)} = & 650,735 - \frac{1}{2}i + \frac{1}{2}i' \quad \mu^{(3)} = 1495390 + 2336,3(i' - i) \\ s^{(6)} - s^{(4)} = & 27,20 + i' \quad \mu^{(4)} = 2 \\ s^{(6)} - s^{(5)} = & 12,49 \quad \mu^{(5)} = 19 \\ s^{(6)} - s^{(6)} = & 11,97 \quad \mu^{(6)} = -1 \\ s^{(6)} - s^{(7)} = & 9,91 \quad \mu^{(7)} = -16 \\ & \mu^{(8)} = 666285 \end{array}$$

und für das kurze:

$$\begin{array}{ll} m^{(1)} = & 0,19 \quad s^{(1)} = 5,47 + \frac{1}{2}i \\ m^{(2)} = & 40,49 \quad s^{(2)} = 14,50 + i \\ m^{(3)} = & 3,58 \quad s^{(3)} = 222,265 + \frac{1}{2}i + \frac{1}{2}i' \\ m^{(4)} = & 3,69 \quad s^{(4)} = 413,80 \\ m^{(5)} = & 19,72 \quad s^{(5)} = 428,51 + i' \\ m^{(6)} = & -1,63 \quad s^{(6)} = 429,03 + i' \\ m^{(7)} = & -10,91 \quad s^{(7)} = 431,09 + i' \\ m^{(8)} = & 11410,97 \quad s^{(8)} = 441,00 + i' \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} s^{(6)} - s^{(1)} = & 435,53 - \frac{1}{2}i + i' \quad \mu^{(1)} = 0 \\ s^{(6)} - s^{(2)} = & 426,50 - i + i' \quad \mu^{(2)} = 157 \\ s^{(6)} - s^{(3)} = & 218,735 - \frac{1}{2}i + \frac{1}{2}i' \quad \mu^{(3)} = 51666 + 248,3(i' - i) \\ s^{(6)} - s^{(4)} = & 27,20 - i' \quad \mu^{(4)} = 2 \\ s^{(6)} - s^{(5)} = & 12,49 \quad \mu^{(5)} = 19 \\ s^{(6)} - s^{(6)} = & 11,97 \quad \mu^{(6)} = -1 \\ s^{(6)} - s^{(7)} = & 9,91 \quad \mu^{(7)} = -16 \\ & \mu^{(8)} = 666285 \end{array}$$

Hieraus ergibt sich für das lange Pendel:

$$c = -0,23768 - 0,00363 i - 0,00051 i'$$

und für das kurze:

$$c = +0,03992 - 0,00337 i - 0,00064 i'.$$

Indessen sind diese Formeln nicht vollständig, indem sie die Pendel als feste Körper voraussetzen und Laplace schon bemerkt hat, daß man die Drehungen der einzelnen Theile um einander, insofern der sehr biegsame Faden ihnen kein merkliches Hinderniß ist, nicht vernachlässigen darf. Man überzeugt sich aber leicht, daß die Theile (1) bis (4) in dieser Beziehung ohne merklichen Einfluß sind; bei den übrigen, welche einen festen Körper bilden, ist dieses nicht der Fall, und überdies kann man nicht bezweifeln, daß die, vergleichungsweise mit der Steifheit des Fadens sehr große Masse dieses Körpers, hinreicht, wirklich eine Biegung des Fadens hervorzubringen. Um den Einfluß derselben zu untersuchen, werde ich annehmen, daß der erwähnte Körper an einem Faden ohne Masse, von der Länge a befestigt ist. Den Winkel des Fadens mit der Lothlinie bezeichne ich durch u , den Winkel der durch den Befestigungspunkt und den Schwerpunkt des Körpers gehenden geraden, mit der Lothlinie, durch u' ; die Entfernung eines Massentheilchens dm des Körpers, vom Befestigungspunkte, durch r ; den Winkel dieses r mit der durch den Schwerpunkt gehenden Linie, in der Ebene der Bewegung genommen, durch ψ . Wenn die Coordinaten x lothrecht, y wagrecht genommen werden, so folgt aus der allgemeinen Gleichung der Bewegung um eine feste Axe, nämlich:

$$0 = \int dm \left\{ \left(\frac{d^2 x}{dt^2} - \pi^2 \lambda \right) \delta x + \frac{d^2 y}{dt^2} \cdot \delta y \right\}$$

durch Substitution von

$$\begin{aligned} x &= a \cos u + r \cos (u' + \psi) \\ y &= a \sin u + r \sin (u' + \psi) \end{aligned}$$

und dadurch daß man die in δu und $\delta u'$ multiplicirten Theile des Ausdrucks abgesondert $= 0$ setzt:

$$\begin{aligned} 0 &= \int dm \left\{ a \frac{d^2 u}{dt^2} + r \cos (u' - u + \psi) \frac{d^2 u'}{dt^2} - r \sin (u' - u + \psi) \left(\frac{du'}{dt} \right)^2 + \pi^2 \lambda \sin u \right\} \\ 0 &= \int dm \left\{ ar \cos (u' - u + \psi) \frac{d^2 u}{dt^2} + ar \sin (u' - u + \psi) \left(\frac{du}{dt} \right)^2 + rr \frac{d^2 u'}{dt^2} \right. \\ &\quad \left. + \pi^2 \lambda r \sin (u' + \psi) \right\} \end{aligned}$$

Allein, wenn s die Entfernung des Schwerpunkts des Körpers von seinem Befestigungspunkte am Faden, $m\mu$ sein Moment der Trägheit in Beziehung auf den Schwerpunkt bezeichnen, so hat man:

$$\begin{aligned} \int dm \cdot r \cos(u' - u + \psi) &= ms \cos(u' - u) \\ \int dm \cdot r \sin(u' - u + \psi) &= ms \sin(u' - u) \\ \int dm \cdot rr &= m(\mu + ss) \end{aligned}$$

wodurch die beiden Gleichungen sich in

$$\begin{aligned} 0 &= a \frac{d^2 u}{dt^2} + s \cos(u' - u) \frac{d^2 u'}{dt^2} - s \sin(u' - u) \left(\frac{du'}{dt}\right)^2 + \pi^2 \lambda \sin u \\ 0 &= as \cos(u' - u) \frac{d^2 u}{dt^2} + as \sin(u' - u) \left(\frac{du}{dt}\right)^2 + (\mu + ss) \frac{d^2 u'}{dt^2} + \pi^2 \lambda s \sin u' \end{aligned}$$

verwandeln. Man kann aber, für den Fall sehr kleiner Schwingungen, die Glieder der dritten Ordnung von u und u' weglassen, und erhält dann:

$$\begin{aligned} 0 &= a \frac{d^2 u}{dt^2} + s \frac{d^2 u'}{dt^2} + \pi^2 \lambda u \\ 0 &= as \frac{d^2 u}{dt^2} + (\mu + ss) \frac{d^2 u'}{dt^2} + \pi^2 \lambda s \cdot u'. \end{aligned}$$

Diesen Gleichungen leistet man Genüge durch

$$u = k \sin(nt + K), \quad u' = k' \sin(nt + K)$$

wodurch man erhält:

$$\begin{aligned} 0 &= -kna - k'nns + k\pi^2 \lambda \\ 0 &= -knnas - k'nn(\mu + ss) + k'\pi^2 \lambda s \end{aligned}$$

Eliminirt man k und k' , so erhält man die Gleichung

$$0 = \frac{\pi^4 \lambda^2}{n^4} - \frac{\pi^2 \lambda}{n^2} \left\{ a + \frac{\mu + ss}{s} \right\} + \frac{a\mu}{s},$$

deren Auflösung

$$\frac{\pi^2 \lambda}{nn} = \frac{a + \frac{\mu + ss}{s}}{2} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4as\mu}{(as + \mu + ss)^2}} \right\}$$

gibt.

Bezeichnet man die beiden Werthe von nn , welche dieser Ausdruck enthält, durch nn und $n'n'$, so hat man

$$\begin{aligned} u &= k \sin(nt + K) + l \sin(n't + L) \\ u' &= k' \sin(nt + K) + l' \sin(n't + L) \end{aligned}$$

wo zwischen den vier Constanten k, k', l, l' die oben gefundenen Relationen

$$\frac{k'}{k} = \frac{\pi^2 \lambda}{n n s} - \frac{a}{s}$$

$$\frac{l'}{l} = \frac{\pi^2 \lambda}{n' n' s} - \frac{a}{s}$$

stattfinden, also das Integral die gehörige Anzahl Constanten enthält.

Bei der Beobachtung der Schwingungszeit des Pendels, wird bekanntlich das zweite Glied des Ausdrucks von μ unmerklich, indem es eine sehr kurze Periode hat und überdies durch den Widerstand der Luft bald vernichtet wird. Die Zeit der Schwingung ist dann die, in welcher der Winkel nt um π wächst, oder sie ist $= \frac{\pi}{n}$; die ihr entsprechende einfache Pendellänge aber ist

$$\frac{\lambda \pi^2}{n n} = \frac{a + \frac{\mu + s s}{s}}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{4 a s \mu}{(a s + \mu + s s)^2}} \right\}.$$

Wäre das Pendel ein fester Körper, so würde die Länge des einfachen Pendels von gleicher Schwingungszeit

$$= a + s + \frac{\mu}{a + s}$$

sein; sie ist aber, wenn man sie nach den Potenzen von μ entwickelt,

$$= a + s + \frac{\mu}{a + s} + \frac{a \mu^2}{s (a + s)^3} - \frac{a \mu^3}{s s (a + s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

Es ist daher dem in der ersteren Hypothese berechneten c , noch

$$+ \frac{a \mu^2}{s (a + s)^3} - \frac{a \mu^3}{s s (a + s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

hinzuzufügen.

Setzt man in diese Formel die aus den oben gemachten Angaben folgenden Werthe von μ und s , nämlich $\mu = 58,50$ und $s = 12,48$, so erhält man die von der Biagsamkeit des Pendels herrührende Verbesserung von c , für das lange Pendel $= + 0,^L 00016$ und für das kurze $= + 0,^L 00137$, und damit die vollständigen Ausdrücke

$$\text{für das lange Pendel } c = - 0,^L 23752 - 0,00363 i - 0,00051 . i'$$

$$\text{für das kurze Pendel } c = + 0,^L 04129 - 0,00337 i - 0,00064 . i'.$$

Berechnung der Pendel für die zweite Reihe der Versuche.

- a. Pendel mit der Schneide. Um das Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens zu finden, deren Figur zu zusammengesetzt ist um
Mathemat. Klasse 1826.

sie mit aller wünschenswerthen Genauigkeit berechnen zu können, habe ich sowohl die Schneide und ihren Rahmen allein, als auch in Verbindung mit einem angeschraubten Cylinder von Messing schwingen lassen, in welchem bei den Versuchen die Fadenklemme eingeschraubt wird. Das Gewicht der Schneide und ihres Rahmens ist = 194,39 Gran, und sie vollendete eine Schwingung in 2,"9042 MZ., welcher die Länge eines einfachen Pendels $l = 3718,0$ Lin. entspricht. Als aber der Cylinder angeschraubt war, dessen Gewicht = 26,81 Gran ist, dessen Schwerpunkt 7,78 Lin. unter der Schneide liegt, und dessen Moment der Trägheit, für eine durch seinen Schwerpunkt gehende Axe ich = 92,1 gefunden habe, war die Dauer einer Schwingung = 0,"2971 MZ.: oder die correspondirende einfache Pendellänge = 38,91 Lin.

Bezeichnet man das gesuchte Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens durch μ , die unbekannt Entfernung des Schwerpunkts beider von der Schneide, durch s , so hat man die beiden Gleichungen :

$$3718,0 = \frac{\mu + 194,39 \cdot s \cdot s}{194,39 \cdot s}$$

$$38,91 = \frac{\mu + 194,39 \cdot s \cdot s + 92,1 + 26,81 (7,78)^2}{194,39 \cdot s + 26,81 \cdot 7,78}$$

und ihre Auflösung ergibt $\mu = 6469$, $s = 0,^L0089502$. Ferner ist noch nöthig zu wissen, daß, wenn die Fadenklemme in den Cylinder am Rahmen der Schraube eingeschraubt ist, ihr Schwerpunkt 3,78 Lin. niedriger ist als der Schwerpunkt dieses Cylinders. Übrigens gelten alle bei der ersten Reihe der Versuche angegebenen Bestimmungen der Theile der Pendel auch hier, bis auf das Gewicht der Fäden, welches, da neue etwas längere Fäden genommen wurden, eine Veränderung erlitt. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,52$):

$$\begin{array}{llll}
 m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases} & s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases} & s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1301,99 + i' \\ 1297,22 + i' \end{cases} & \mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases} \\
 m^{(2)} = \begin{cases} 19,72 \\ 11,06 \end{cases} & s^{(2)} = \begin{cases} 11,56 \\ 652,035 + \frac{1}{2}i' \end{cases} & s^{(8)} - s^{(2)} = \begin{cases} 1293,44 + i' \\ 652,965 + \frac{1}{2}i' \end{cases} & \mu^{(2)} = \begin{cases} 49 \\ 1520955 + 2368,0 i' \end{cases} \\
 m^{(3)} = \begin{cases} 3,81 \\ 19,72 \end{cases} & s^{(4)} = \begin{cases} 1277,80 \\ 1292,51 + i' \end{cases} & s^{(8)} - s^{(4)} = \begin{cases} 27,20 + i' \\ 12,49 \end{cases} & \mu^{(4)} = \begin{cases} 2 \\ 19 \end{cases} \\
 m^{(4)} = \begin{cases} 1,63 \\ 10,91 \end{cases} & s^{(5)} = \begin{cases} 1293,03 + i' \\ 1295,09 + i' \end{cases} & s^{(8)} - s^{(5)} = \begin{cases} 11,97 \\ 9,91 \end{cases} & \mu^{(5)} = \begin{cases} 1 \\ 16 \end{cases} \\
 m^{(5)} = \begin{cases} 11410,97 \\ \end{cases} & s^{(6)} = \begin{cases} 1305,00 + i' \\ \end{cases} & s^{(8)} - s^{(6)} = \begin{cases} \end{cases} & \mu^{(6)} = \begin{cases} 666285 \\ \end{cases} \\
 m^{(6)} = \begin{cases} \end{cases} & s^{(7)} = \begin{cases} \end{cases} & s^{(8)} - s^{(7)} = \begin{cases} \end{cases} & \mu^{(7)} = \begin{cases} \end{cases} \\
 m^{(7)} = \begin{cases} \end{cases} & s^{(8)} = \begin{cases} \end{cases} & s^{(8)} - s^{(8)} = \begin{cases} \end{cases} & \mu^{(8)} = \begin{cases} \end{cases}
 \end{array}$$

und für das kurze ($i' = h + 1, 48$):

$$\begin{array}{lll}
 m^{(1)} = \begin{cases} 19,4,39 \\ 26,81 \end{cases} & s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases} & s^{(5)} - s^{(1)} = \begin{cases} 110,99 + i' \\ 133,22 + i' \end{cases} & \mu^{(1)} = \begin{cases} 6169 \\ 92 \end{cases} \\
 m^{(2)} = 19,72 & s^{(2)} = 11,56 & s^{(5)} - s^{(2)} = 129,44 + i' & \mu^{(2)} = 19 \\
 m^{(3)} = 3,60 & s^{(3)} = 220,035 + \frac{1}{2}i' & s^{(5)} - s^{(3)} = 220,965 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 53074 + 252,1i' \\
 m^{(4)} = 3,69 & s^{(4)} = 413,80 & s^{(5)} - s^{(4)} = 27,20 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
 m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 428,51 + i' & s^{(5)} - s^{(5)} = 12,49 & \mu^{(5)} = 19 \\
 m^{(6)} = -1,63 & s^{(6)} = 429,03 + i' & s^{(5)} - s^{(6)} = 11,97 & \mu^{(6)} = -1 \\
 m^{(7)} = -10,91 & s^{(7)} = 431,09 + i' & s^{(5)} - s^{(7)} = 9,91 & \mu^{(7)} = -16 \\
 m^{(8)} = 11410,97 & s^{(8)} = 441,00 + i' & & \mu^{(8)} = 666285
 \end{array}$$

b. Pendel mit der Klemme. Das Messingblättchen war 6,35 Lin. lang. Übrigens waren beide Pendel, bis auf den Faden, in demselben Zustande wie bei der ersten Reihe der Versuche. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862, 56$):

$$\begin{array}{lll}
 m^{(1)} = 0,11 & s^{(1)} = 3,18 & s^{(5)} - s^{(1)} = 1301,82 + i' & \mu^{(1)} = 0 \\
 m^{(2)} = 40,49 & s^{(2)} = 9,91 & s^{(5)} - s^{(2)} = 1295,09 + i' & \mu^{(2)} = 157 \\
 m^{(3)} = 11,06 & s^{(3)} = 651,97 + \frac{1}{2}i' & s^{(5)} - s^{(3)} = 653,03 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 1521263 + 2368,2i' \\
 m^{(4)} = 3,81 & s^{(4)} = 1277,80 & s^{(5)} - s^{(4)} = 27,20 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
 m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 1292,51 + i' & s^{(5)} - s^{(5)} = 12,49 & \mu^{(5)} = 19 \\
 m^{(6)} = -1,63 & s^{(6)} = 1293,03 + i' & s^{(5)} - s^{(6)} = 11,97 & \mu^{(6)} = -1 \\
 m^{(7)} = -10,91 & s^{(7)} = 1295,09 + i' & s^{(5)} - s^{(7)} = 9,91 & \mu^{(7)} = -16 \\
 m^{(8)} = 11410,97 & s^{(8)} = 1305,00 + i' & & \mu^{(8)} = 666285
 \end{array}$$

und für das kurze ($i' = h + 1, 44$):

$$\begin{array}{lll}
 m^{(1)} = 0,11 & s^{(1)} = 3,18 & s^{(5)} - s^{(1)} = 137,82 + i' & \mu^{(1)} = 0 \\
 m^{(2)} = 40,49 & s^{(2)} = 9,91 & s^{(5)} - s^{(2)} = 431,09 + i' & \mu^{(2)} = 157 \\
 m^{(3)} = 3,60 & s^{(3)} = 219,97 + \frac{1}{2}i' & s^{(5)} - s^{(3)} = 221,03 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 53107 + 252,1i' \\
 m^{(4)} = 3,69 & s^{(4)} = 413,80 & s^{(5)} - s^{(4)} = 27,20 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
 m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 428,51 + i' & s^{(5)} - s^{(5)} = 12,49 & \mu^{(5)} = 19 \\
 m^{(6)} = -1,63 & s^{(6)} = 429,03 + i' & s^{(5)} - s^{(6)} = 11,97 & \mu^{(6)} = -1 \\
 m^{(7)} = -10,91 & s^{(7)} = 431,09 + i' & s^{(5)} - s^{(7)} = 9,91 & \mu^{(7)} = -16 \\
 m^{(8)} = 11410,97 & s^{(8)} = 441,00 + i' & & \mu^{(8)} = 666285
 \end{array}$$

c. Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder. Das Messingblättchen war 6,84 Lin. lang. Aus der Beschreibung der zu diesen Versuchen angewandten Einrichtung, im 18^{ten} Art., geht hervor, dafs die Axe des Abwickelungs-Cylinders, welcher mit seiner Oberfläche auf der hori-

zontalen Ebene liegt auf welcher auch die Schneide und die Klemme ruhen, um seinen Halbmesser höher ist, als bei den früheren Versuchen. Dieses hat zur Folge, daß die Scale, und auch der Coincidenz-Cylinder, von dem Mittelpunkte der Bewegung um 0,5 Lin. entfernt sind. Übrigens ist zwischen beiden Pendeln und den in der ersten Reihe der Versuche angewandten, kein Unterschied, aufser in der Länge und dem Gewichte der Fäden. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,06$):

$m^{(1)} = 0,12$	$s^{(1)} = 3,12$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 1301,58 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,40$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1294,60 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 11,06$	$s^{(3)} = 652,215 + \frac{1}{2}i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,785 + \frac{1}{2}i'$	$\mu^{(3)} = 1520103 + 2367,3i'$
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1278,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 1293,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 1295,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

und für das kurze ($i' = h + 1,94$):

$m^{(1)} = 0,12$	$s^{(1)} = 3,12$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 437,58 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,40$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 430,60 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 3,60$	$s^{(3)} = 220,215 + \frac{1}{2}i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220,785 + \frac{1}{2}i'$	$\mu^{(3)} = 52985 + 252,2i'$
$m^{(4)} = 3,69$	$s^{(4)} = 414,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 428,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 429,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 431,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 441,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

Aus diesen Angaben folgt für die sechs angewandten Pendel:

Schneide	}	langes Pendel $c = -0,22586 - 0,00052 \cdot i'$
		kurzes ——— $c = +0,05355 - 0,00064 \cdot i'$
Klemme	}	langes Pendel $c = -0,22307 - 0,00052 \cdot i'$
		kurzes ——— $c = +0,05544 - 0,00064 \cdot i'$
Abwickelungs - Cylinder	}	langes Pendel $c = -0,22471 - 0,00052 \cdot i'$
		kurzes ——— $c = +0,05389 - 0,00064 \cdot i'$

Fügt man noch die von der Biegsamkeit des Fadens abhängige Verbesserung hinzu, so erhält man die vollständigen, zur Reduction der Beobachtungen angewandten Formeln:

Schneide	$\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,22570 - 0,00052 \cdot l' \\ \text{kurzes } \text{---} \text{---} c = + 0,05192 - 0,00064 \cdot l' \end{array} \right.$
Klemme	
Abwickelungs - Cylinder	$\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,22291 - 0,00052 \cdot l' \\ \text{kurzes } \text{---} \text{---} c = + 0,05681 - 0,00064 \cdot l' \end{array} \right.$
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,22155 - 0,00052 \cdot l' \\ \text{kurzes } \text{---} \text{---} c = + 0,05526 - 0,00064 \cdot l' \end{array} \right.$

Berechnung der Pendel für die dritte Reihe der Versuche.

Die Kugel von Elfenbein, womit diese Reihe von Versuchen gemacht wurde, wiegt, mit der eingeschraubten Fadenklemme zusammen (auf den leeren Raum reducirt) 2481,26 Gran. Im dichtesten Wasser, dessen Temperatur genau dieselbe ist, in welcher die Abwiegung gemacht wurde, wiegt sie 1098,50 Gran, woraus das specifische Gewicht der vereinigten Kugel und Klemme = 1,79443 folgt, so wie es im 15^{ten} Art. angegeben worden ist.

Nachdem das Loch in der Kugel, in welches die Klemme eingeschraubt wird, mit Wachs ausgefüllt war; wog sie im leeren Raume 2461,80 Gran, und im dichtesten Wasser 1081,38 Gran. Sie drängte also 1380,42 Gran des dichtesten Wassers aus dem Wege, woraus, nach dem oben angegebenen Gewichte einer Cubiclinie des dichtesten Wassers, ihr Halbmesser = 12,047 Lin. folgt. Da die Versuche dieser Reihe, sehr nahe in derselben Temperatur gemacht wurden, in welcher die Kugel in Wasser gewogen wurde, so behielt ich den unmittelbar gefundenen Werth des Halbmessers, bei der Reduction der Versuche unverändert bei.

Das Loch in dieser Kugel ist dem in der Kugel von Messing befindlichen, gleich, so daß man die Massen $m^{(6)}$ und $m^{(7)}$ erhält, wenn man ihre Werthe für die Kugel von Messing, im Verhältnisse der specifischen Gewichte = 8,19 : 1,783 verkleinert. Allein da der Halbmesser der Kugel von Elfenbein $0,1035$ kleiner ist als der der Kugel von Messing, so wird der Ausdruck von $s^{(6)}$, welcher vorher $r + 13,91 + r'$ war, ein wenig geändert und zwar $r + 13,88 + r'$. Die Länge des Messingblättchens, bei den Versuchen mit dem Abwickelungs-Cylinder, war 6,48 Lin.; bei der Anwendung der Schneide war diese in demselben Zustande, in welchem sie bei den früheren Versuchen war. Die Fäden, feiner als früher, wogen 6,28 und 2,04 Gran. Man hat daher zur Berechnung der Reduction auf das einfache Pendel folgende Data:

a. Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder.

Für das lange ($i' = h - 862, 58$)

$$\begin{array}{llll}
m^{(1)} = 0,11 & s^{(1)} = 3,24 & s^{(8)} - s^{(1)} = 1301,76 + i' & \mu^{(1)} = 0 \\
m^{(2)} = 40,49 & s^{(2)} = 10,04 & s^{(8)} - s^{(2)} = 1294,96 + i' & \mu^{(2)} = 157 \\
m^{(3)} = 6,28 & s^{(3)} = 652,05 + \frac{1}{2}i' & s^{(8)} - s^{(3)} = 652,95 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 863657 + 1344,6i' \\
m^{(4)} = 3,81 & s^{(4)} = 1278,30 & s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 1292,54 + i' & s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46 & \mu^{(5)} = 19 \\
m^{(6)} = -0,35 & s^{(6)} = 1293,06 + i' & s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94 & \mu^{(6)} = 0 \\
m^{(7)} = -2,38 & s^{(7)} = 1295,12 + i' & s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88 & \mu^{(7)} = -4 \\
m^{(8)} = 2464,27 & s^{(8)} = 1305,00 + i' & & \mu^{(8)} = 143056
\end{array}$$

für das kurze ($i' = h + 1, 42$)

$$\begin{array}{llll}
m^{(1)} = 0,11 & s^{(1)} = 3,24 & s^{(8)} - s^{(1)} = 437,76 + i' & \mu^{(1)} = 0 \\
m^{(2)} = 40,49 & s^{(2)} = 10,04 & s^{(8)} - s^{(2)} = 430,96 + i' & \mu^{(2)} = 157 \\
m^{(3)} = 2,04 & s^{(3)} = 220,05 + \frac{1}{2}i' & s^{(8)} - s^{(3)} = 220,95 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 30079 + 143,0i' \\
m^{(4)} = 3,69 & s^{(4)} = 414,30 & s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 428,54 + i' & s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46 & \mu^{(5)} = 19 \\
m^{(6)} = -0,35 & s^{(6)} = 429,06 + i' & s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94 & \mu^{(6)} = 0 \\
m^{(7)} = -2,38 & s^{(7)} = 431,12 + i' & s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88 & \mu^{(7)} = -4 \\
m^{(8)} = 2464,27 & s^{(8)} = 441,00 + i' & & \mu^{(8)} = 143056
\end{array}$$

b. Pendel mit der Schneide.

Für das lange ($i' = h - 862, 58$)

$$\begin{array}{llll}
m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases} & s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases} & s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1304,99 + i' \\ 1297,22 + i' \end{cases} & \mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases} \\
m^{(2)} = 19,72 & s^{(2)} = 11,56 & s^{(8)} - s^{(2)} = 1293,44 + i' & \mu^{(2)} = 19 \\
m^{(3)} = 6,28 & s^{(3)} = 652,05 + \frac{1}{2}i' & s^{(8)} - s^{(3)} = 652,95 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 863657 + 1344,6i' \\
m^{(4)} = 3,81 & s^{(4)} = 1277,80 & s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 1292,54 + i' & s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46 & \mu^{(5)} = 19 \\
m^{(6)} = -0,35 & s^{(6)} = 1293,06 + i' & s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94 & \mu^{(6)} = 0 \\
m^{(7)} = -2,38 & s^{(7)} = 1295,12 + i' & s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88 & \mu^{(7)} = -4 \\
m^{(8)} = 2464,27 & s^{(8)} = 1305,00 + i' & & \mu^{(8)} = 143056
\end{array}$$

für das kurze ($i' = h + 1, 42$)

$$\begin{array}{llll}
m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases} & s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases} & s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 440,99 + i' \\ 433,22 + i' \end{cases} & \mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases} \\
m^{(2)} = 19,72 & s^{(2)} = 11,56 & s^{(8)} - s^{(2)} = 429,44 + i' & \mu^{(2)} = 19 \\
m^{(3)} = 2,04 & s^{(3)} = 220,05 + \frac{1}{2}i' & s^{(8)} - s^{(3)} = 220,95 + \frac{1}{2}i' & \mu^{(3)} = 30079 + 143,0i' \\
m^{(4)} = 3,69 & s^{(4)} = 413,80 & s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i' & \mu^{(4)} = 2 \\
m^{(5)} = 19,72 & s^{(5)} = 428,54 + i' & s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46 & \mu^{(5)} = 19 \\
m^{(6)} = -0,35 & s^{(6)} = 429,06 + i' & s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94 & \mu^{(6)} = 0 \\
m^{(7)} = -2,38 & s^{(7)} = 431,12 + i' & s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88 & \mu^{(7)} = -4 \\
m^{(8)} = 2464,27 & s^{(8)} = 441,00 + i' & & \mu^{(8)} = 143056
\end{array}$$

Hieraus folgt, für die vier angewandten Pendel:

$$\begin{array}{l} \text{Abwickelungs - Cylinder} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,^L 80241 - 0,00193 \cdot i'' \\ \text{kurzes } \text{---} c = - 0,21471 - 0,00176 \cdot i'' \end{array} \right. \\ \text{Schneide} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,81372 - 0,00193 \cdot i'' \\ \text{kurzes } \text{---} c = - 0,22197 - 0,00178 \cdot i'' \end{array} \right. \end{array}$$

Die Einwirkung der Biegsamkeit des Fadens, ist für das lange Pendel $= + 0,^L 00016$ und für das kurze $+ 0,^L 00138$. Also sind die vollständigen Formeln:

$$\begin{array}{l} \text{Abwickelungs - Cylinder} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,^L 80225 - 0,00193 \cdot i'' \\ \text{kurzes } \text{---} c = - 0,21333 - 0,00176 \cdot i'' \end{array} \right. \\ \text{Schneide} \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } c = - 0,81356 - 0,00193 \cdot i'' \\ \text{kurzes } \text{---} c = - 0,22059 - 0,00178 \cdot i'' \end{array} \right. \end{array}$$

Beilage VIII.

Untersuchung des Einflusses der Ungleichheiten des Fadens auf die Reduction auf das einfache Pendel.

Ich nehme den Anfangspunkt des Fadens in der Entfernung $= r$ vom Mittelpunkte der Bewegung an, seine Länge $= r'$, seinen Querschnitt in der Entfernung x von seiner Mitte $= \phi x$ und das Gewicht einer Cubiclinie seiner Materie $= \Delta$. Nach diesen Bezeichnungen ist das Gewicht des ganzen Fadens

$$m = \Delta \int \phi x \cdot dx ;$$

das Product des Gewichts in die Entfernung des Schwerpunkts des Fadens vom Aufhängepunkte

$$ms = \Delta \int \phi x \cdot (r + \frac{1}{2} r' + x) dx ;$$

das Moment der Trägheit des Fadens, auf den Mittelpunkt der Bewegung bezogen

$$\mu = \Delta \int \phi x (r + \frac{1}{2} r' + x)^2 dx$$

Wenn man m, ms, μ für alle übrigen Theile des Pendels zusammengekommen, durch $m', m' s', \mu'$ bezeichnet, so hat man die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, ohne Rücksicht auf den Faden,

$$l = \frac{\mu'}{m' s'}$$

und mit Rücksicht auf denselben

$$l + \delta l = \frac{u' + \Delta \int \phi x \cdot (r + \frac{1}{2} r' + x)^2 dx}{m' s' + \Delta \int \phi x \cdot (r + \frac{1}{2} r' + x) dx} ;$$

woraus der Einfluss des Fadens

$$\delta l = \frac{\Delta}{m' s'} \left\{ \int \phi x \left(r + \frac{1}{2} r' + x \right)^2 dx - l \int \phi x \left(r + \frac{1}{2} r' + x \right) dx \right\}$$

und wenn man für Δ seinen Ausdruck $\frac{m}{\int \phi x \cdot dx}$ schreibt,

$$\delta l = \frac{m}{m' s'} \left\{ \frac{\int \phi x (r + \frac{1}{2} r' + x)^2 dx}{\int \phi x \cdot dx} - l \frac{\int \phi x (r + \frac{1}{2} r' + x) dx}{\int \phi x \cdot dx} \right\}$$

oder auch

$$\delta l = \frac{m}{m' s'} \left\{ \left(r + \frac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \frac{1}{2} r' \right) - \left(2r + r' - l \right) \frac{\int \phi x \cdot x dx}{\int \phi x \cdot dx} + \frac{\int \phi x \cdot x x dx}{\int \phi x \cdot dx} \right\}$$

hervorgeht: die Integrale werden von $-\frac{1}{2} r'$ bis $+\frac{1}{2} r'$ genommen.

Keht man den Faden um, so dafs das obere Ende das untere wird, so hat man in diesem Ausdrucke $\phi(-x)$ für ϕx zu schreiben, wodurch man in dieser Lage des Fadens erhält:

$$\delta l = \frac{m}{m' s'} \left\{ \left(r + \frac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \frac{1}{2} r' \right) + \left(2r + r' - l \right) \frac{\int \phi x \cdot x dx}{\int \phi x \cdot dx} + \frac{\int \phi x \cdot x x dx}{\int \phi x \cdot dx} \right\}$$

Hieraus geht hervor, dafs der Einfluss der Ungleichheiten des Fadens in beiden Lagen nahe gleich ist, indem das Glied welches in beiden Ausdrücken ein verschiedenes Zeichen hat, wegen der Multiplication mit $2r + r' - l$, eine geringe Wirkung erlangt, denn dieser Factor ist klein, immer wenn der Faden nahe bei dem Mittelpunkte der Bewegung anfängt, und sich nahe bei dem Mittelpunkte der Schwingung endigt. Die halbe Summe beider Ausdrücke ist der Einfluss auf das Mittel aus zwei Versuchen, zwischen welchen der Faden umgekehrt worden ist:

$$= \frac{m}{m' s'} \left\{ \left(r + \frac{1}{2} r' - l \right) \left(r + \frac{1}{2} r' \right) + \frac{\int \phi x \cdot x x dx}{\int \phi x \cdot dx} \right\}$$

Setzt man nun

$$\phi x = h \left\{ 1 + \alpha \frac{x}{r'} + \beta \frac{x x}{r' r'} + \text{u. s. w.} \right\}$$

wo h den Querschnitt in der Mitte des Fadens bedeutet, so verschwinden aus beiden Integralen die ungeraden Glieder und man erhält:

$$\int \phi x . x x d x = h r'^3 \left\{ \frac{1}{3 \cdot 2^2} + \frac{\beta}{5 \cdot 2^4} + \frac{\delta}{7 \cdot 2^6} + \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

$$\int \phi x . d x = h r' \left\{ 1 + \frac{\beta}{3 \cdot 2^2} + \frac{\delta}{5 \cdot 2^4} + \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

woraus also, wenn man die Potenzen und Producte von β, δ, \dots vernachlässigt, der gesuchte Einfluss des Fadens

$$= \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r' r' - \frac{1}{2} r' (l - 2r) - r (l - r) + r' r' \left(\frac{\beta}{150} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right) \right\}$$

folgt.

Die Reduction der Länge des einfachen Pendels auf das zusammengesetzte ist daher

$$- \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r' r' - \frac{1}{2} r' (l - 2r) - r (l - r) \right\} \left\{ 1 + \frac{r' r' \left(\frac{\beta}{150} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right)}{\frac{1}{3} r' r' - \frac{1}{2} r' (l - 2r) - r (l - r)} \right\}$$

und sie ist bei den Versuchen ohne Rücksicht auf die Ungleichheiten in Rechnung gebracht.

Man hat für beide Pendel des Apparats, in der ersten Reihe der Versuche:

Angewandte Reduction wegen des Fadens	+ 0, ^l 2126	; + 0, ^l 0244
Länge des Fadens	$r' = 1280, 33$	; 416, 34
Länge des gleichzeitigen einfachen Pendels	$l = 1305, 27$	; 441, 56
Anfang des Fadens unter dem Aufhängepunkt	$r = 14, 52$	; 14, 52

Hieraus folgt die vollständige Reduction für beide Pendel:

das lange =	+ 0, ^l 2126	− 0, ^l 00669 . β	− 0, ^l 001434 . δ	− 0, ^l 000299 . ζ	− u. s. w.
das kurze =	+ 0, ^l 0244	− 0, ^l 00068 . β	− 0, ^l 000147 . δ	− 0, ^l 000031 . ζ	− u. s. w.

Um eine Schätzung der möglichen Größe der Coefficienten $\beta, \delta, \zeta \dots$ zu erhalten, habe ich den Durchmesser des langen Fadens, mit einem der Pistorischen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope, an vielen verschiedenen Stellen gemessen, und ihn im Mittel = 0,^l0861 gefunden. Die größte Abweichung von diesem Mittel war 0,^l0013, und ich habe keinen Grund, die Messungen selbst, welche eine doppelte Einstellung des Mikroskops auf beide Ränder des Fadens erfordern, für sicherer zu halten. Nimmt man aber diesen Unterschied für eine wirkliche Ungleich-

heit des Fadens, die Ungleichheit der Querschnitte doppelt so groß $= \frac{1}{33}$ des Ganzen, und verlegt man sie auf beide Enden des Fadens, wo sie den größten Einfluss erhält, so ist

$$\frac{1}{33} = \frac{\beta}{4} + \frac{\delta}{16} + \frac{\zeta}{64} + \dots ,$$

Jenachdem die Ungleichheit dem von β , oder δ , oder $\zeta \dots$ abhängigen Gliede zugeschrieben wird, erhält man die Verbesserung der Reduction, für das

lange Pendel $-0,00081$; $-0,00070$; $-0,00058$

kurze ——— $-0,00008$; $-0,00007$; $-0,00006$

Im ungünstigsten Falle erhielte also, selbst diese unwahrscheinliche Annahme der Ungleichheit des Fadens, auf die Länge des Sekundenpendels, nur einen Einfluss von $0,0004$. In der Wirklichkeit ist derselbe aber ohne Zweifel kleiner. Man kann ihn also als unmerklich betrachten; auch würde das Resultat ähnlicher Versuche nicht merklich an Sicherheit gewinnen, wenn man die Fäden oft mit neuen vertauschte.

Beilage IX.

Einfluss der cylindrischen Figur der Schneide, worauf ein Pendel sich bewegt, auf die Schwingungszeit.

1.

Ich nehme an, dass die Schneide, durch eine Cylinderfläche begrenzt wird, deren Gleichung zwischen rechtwinklichten Coordinaten ξ und η ich durch $\mathcal{V} = 0$ bezeichne. Der Mittelpunkt dieser Coordinaten ist der Berührungspunkt der Schneide und der Ebene worauf sie liegt, im Zustande der Ruhe des Pendels; in diesem Zustande ist die Axe der ξ lothrecht, die der η wagrecht; die ξ sind unterhalb dem Mittelpunkte der Coordinaten positiv, die η rechts von der Lothlinie.

Wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht, so berührt ein Punkt der cylindrischen Schneide die Ebene, dessen Coordinaten ich durch ξ' und η' bezeichne. Die auf ein zweites, im Raume festes Axensystem, mit welchem das erste zusammenfällt, wenn das Pendel in Ruhe ist,

bezogenen Coordinaten eines Massentheilechens dm des Pendels, werde ich x und y nennen; x wird unter der Ebene positiv genommen, y und u links von der Lothlinie. Die auf dieses zweite Axensystem bezogenen Coordinaten des Mittelpunkts des ersteren, werden durch x' und y' bezeichnet. Man hat also

$$\begin{aligned} x &= x' + \xi \text{ Cos } u + \eta \text{ Sin } u \\ y &= y' + \xi \text{ Sin } u - \eta \text{ Cos } u \end{aligned}$$

Die Differentialgleichung der Bewegung des Pendels ist

$$c = \int \frac{dx'^2 + dy'^2}{dt^2} dm - 2\pi^2 \lambda \int x dm$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels bezeichnet; indem die Axe der ξ durch den Schwerpunkt geht, ist

$$\begin{aligned} \int \xi dm &= ms \\ \int \eta dm &= 0 \\ \int (\xi \xi + \eta \eta) dm &= m (\mu + ss) \end{aligned}$$

wo m die Masse des Pendels, s die Coordinate ξ des Schwerpunkts und $m\mu$ das Moment der Trägheit, bezogen auf eine der Drehungsaxe parallel, durch den Schwerpunkt gelegte Axe bedeuten. Hierdurch verwandelt die Differentialgleichung sich in:

$$\begin{aligned} c = (\mu + ss) \left(\frac{du}{dt} \right)^2 + 2s \frac{du}{dt} \left(\frac{dy'}{dt} \text{ Cos } u - \frac{dx'}{dt} \text{ Sin } u \right) + \frac{dx'^2 + dy'^2}{dt^2} \\ - 2\pi^2 \lambda \{ s \text{ Cos } u - x' \} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

2.

Die Coordinaten x' und y' hängen von den Coordinaten ξ' und η' des Berührungspunkts des Cylinders und der Ebene ab; es ist nämlich, wenn σ den Bogen auf der Oberfläche des Cylinders, zwischen dem Berührungspunkte und dem Anfangspunkte der Coordinaten bedeutet,

$$\begin{aligned} x' &= -\xi' \text{ Cos } u - \eta' \text{ Sin } u \\ y' &= -\xi' \text{ Sin } u + \eta' \text{ Cos } u - \sigma. \end{aligned}$$

Indem die Normale an den Berührungspunkt die Axe der ξ im Winkel u durchschneidet, hat man

$$d\xi' = -d\sigma \text{ Sin } u; \quad d\eta' = d\sigma \text{ Cos } u$$

und wenn dieses in das Differential der Gleichung $V=0$ gesetzt wird,

$$0 = \left(\frac{dV}{d\xi'}\right) \sin u - \left(\frac{dV}{d\eta'}\right) \cos u \dots\dots\dots (2)$$

wodurch, mit $V=0$ verbunden, ξ' und η' durch u bestimmt werden.

Drückt man x' und y' in (1) durch ξ' und η' aus, und läßt man das dx'^2 und dy'^2 enthaltende Glied weg, indem es von der Ordnung des Quadrats der Abstumpfung der Schneide ist, welche Ordnung ich allenthalben vernachlässigen werde, so verwandelt sich (1) in

$$c = (\mu + ss - 2s\xi') \left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda \left((s - \xi') \cos u - \eta' \sin u\right)$$

Diese Differentialgleichung ist unter der allgemeinen Form begriffen, deren Integral ich in der I. Beilage gegeben habe; es ist nämlich hier

$$\begin{aligned} nn &= \frac{\pi^2\lambda s}{\mu + ss} \\ fu &= -\frac{\xi'}{s} \cos u - \frac{\eta'}{s} \sin u \\ f'u &= -\frac{s}{\mu + ss} \cdot \xi' \end{aligned}$$

Da ξ' und η' für $u=0$ verschwinden, so ist $f0=0$; ferner ist

$$\frac{d \frac{fu}{\sin u}}{du} = \frac{\xi'}{s \cdot \sin u^2} - \frac{d\xi' \cdot \cos u + d\eta' \sin u}{s \cdot \sin u \cdot du} = \frac{\xi'}{s \sin u^2}$$

Der Ausdruck der Schwingungszeit (Beilage I. 3) verwandelt sich daher in

$$\frac{\pi}{n} \left\{ Fu'' - \frac{fu' + f(-u')}{2 \sin u'} \cdot \frac{dFu'}{du'} \right\} + \frac{1}{ns} \int \frac{\xi' \left(1 - \frac{s}{l} \sin u^2\right) du}{\sin u^2 \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}}$$

wo $l.s$ für $\mu + ss$ geschrieben ist, also l die Länge des einfachen Pendels bedeutet, welches mit dem untersuchten Pendel gleichzeitig schwingen würde, wenn dieses sich um den Anfangspunkt der Coordinaten drehte. Bezeichnet man aber die der Schwingungszeit um die cylindrische Schneide entsprechende einfache Pendellänge durch l' , so hat man die wirkliche Schwingungszeit $= \sqrt{\frac{l'}{\lambda}} \cdot Fu''$, und wenn man sie ihrem eben gegebenen Ausdruck gleich setzt:

$$l' = l - l \cdot \frac{fu' + f(-u')}{\sin u'} \cdot \frac{dFu'}{Fu' \cdot du'} + \frac{2l}{sFu'} \cdot \frac{1}{\pi} \int \frac{\xi' \left(1 - \frac{s}{l} \sin u^2\right) du}{\sin u^2 \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}} \dots (3)$$

3.

Ich werde jetzt annehmen, daß die Schneide durch einen, nach einem Kegelschnitte gekrümmten Cylinder abgestumpft ist, dessen eine Axe mit der Axe der ξ zusammenfällt und dessen Oberfläche von den abgeschliffenen Ebenen des Prismas berührt wird. Den Winkel dieser Ebenen bezeichne ich durch $2i$, die Sehne des Cylinders da wo die Ebenen ihn berühren, oder die Breite der Abstumpfung, durch b . Wenn a und p die halbe, in der Richtung der ξ liegende Axe und den halben Parameter des Kegelschnitts bedeuten, so hat man daher:

$$0 = \mathcal{V} = 2p \xi' \pm \frac{p}{a} \xi' \xi' + \eta' \eta'$$

wo das obere Zeichen für eine Ellipse, das untere für eine Hyperbel gilt; ferner durch Differentiation (2)

$$0 = p \left(1 \pm \frac{\xi'}{a} \right) \text{Sin } u - \eta' \text{Cos } u$$

und aus beiden Gleichungen zusammengenommen, wenn ε für $1 \mp \frac{p}{a}$ geschrieben wird,

$$\xi' = \mp a \left\{ 1 - \frac{\text{Cos } u}{\sqrt{(1 - \varepsilon \text{Sin } u^2)}} \right\}$$

$$\eta' = \pm a \cdot \frac{(1 - \varepsilon) \text{Sin } u}{\sqrt{(1 - \varepsilon \text{Sin } u^2)}}$$

Setzt man $90^\circ - i$ für u , so verwandelt sich η' in $\frac{1}{2}b$, wodurch man

$$a = \pm \frac{b \sqrt{(1 - \varepsilon \text{Cos } i^2)}}{2(1 - \varepsilon) \text{Cos } i}$$

also auch

$$\left. \begin{aligned} \xi' &= \frac{b \sqrt{(1 - \varepsilon \text{Cos } i^2)}}{2(1 - \varepsilon) \text{Cos } i} \left\{ \frac{\text{Cos } u}{\sqrt{(1 - \varepsilon \text{Sin } u^2)}} - 1 \right\} \\ fu &= \frac{b \sqrt{(1 - \varepsilon \text{Cos } i^2)}}{2\varepsilon(1 - \varepsilon) \text{Cos } i} \left\{ \text{Cos } u - \sqrt{(1 - \varepsilon \text{Sin } u^2)} \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

erhält.

Wenn die Begrenzungscurve eine Ellipse ist, deren kleine Axe mit der der ξ zusammenfällt, so ist ε zwischen $-\infty$ und 0; für $\varepsilon = 0$ ist die Curve ein Kreis; zwischen 0 und ε eine Ellipse mit der großen Axe in der Richtung der ξ ; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und $\text{Sec. } i^2$ eine Hyperbel. Die äußerste Ellipse ist eine gerade Linie senkrecht auf die Axe der ξ , die äußerste Hyperbel fällt mit den Ebenen des Prismas ganz zusammen und hat deren Winkel zum Scheitel, in welchem Falle b nothwendig willkürlich bleibt.

4.

Für den in Gröfsen der ersten Ordnung vollständigen Ausdruck (3) der Schwingungszeit, werde ich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

schreiben, wo q aus den beiden Theilen $q' + q''$:

$$q' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i} \left\{ \frac{\cos u' - \sqrt{(1-\varepsilon \sin u'^2)}}{\sin u'} \right\} \frac{dFu'}{Fu' \cdot du'}$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i Fu'} \cdot \frac{1}{\pi} \int^{\circ} \frac{(\sqrt{(1-\varepsilon \sin u^2)} - \cos u) \left(1 - \frac{s}{l} \sin u^2\right)}{\sin u^2 \sqrt{(1-\varepsilon \sin u^2)} \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}} du \left[\begin{array}{l} \text{von } -u' \\ \text{bis } +u' \end{array} \right]$$

besteht. Führt man den Winkel x ein, so dafs

$$\sin u = -\sin u' \cdot \cos x$$

ist, so verwandelt der letzte Ausdruck sich in:

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i Fu'} \cdot \frac{1}{\sin u'^2 \cdot \pi} \cdot \int \left\{ \frac{1}{\sqrt{(1-\sin u'^2 \cos x^2)}} - \frac{1}{\sqrt{(1-\varepsilon \sin u'^2 \cos x^2)}} \right\} \left(1 - \frac{s}{l} \sin u'^2 \cos x^2\right) \sqrt{\frac{\sqrt{(1-\sin u'^2 \cos x^2)} + \cos u'}{2}} \frac{dx}{\cos x^2}$$

wo das Integral von $x = 0$ bis π genommen wird.

Entwickelt man nach den Potenzen von $\sin u'$, welches so lange angeht, so lange $\varepsilon \sin u'^2$ eine kleine Gröfse ist, so erhält man,

$$q' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{\cos i} \left\{ -\frac{1}{s} \sin u'^2 - \left(\frac{15}{256} + \frac{1}{32} \varepsilon \right) \sin u'^4 - \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{\cos i} \left\{ \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{16} + \frac{3}{16} \varepsilon - \frac{1}{4} \frac{s}{l} \right) \sin u'^2 \right. \\ \left. + \left(\frac{39}{2048} + \frac{33}{512} \varepsilon + \frac{15}{128} \varepsilon^2 - \frac{13}{128} \cdot \frac{s}{l} - \frac{9}{64} \frac{s}{l} \varepsilon \right) \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\}$$

woraus hervorgeht

$$q = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{2 \cos i} \left\{ 1 - \left(\frac{1}{8} - \frac{3}{8} \varepsilon + \frac{1}{2} \cdot \frac{s}{l} \right) \sin u'^2 \right. \\ \left. - \left(\frac{81}{1024} - \frac{17}{256} \varepsilon - \frac{15}{64} \varepsilon^2 + \frac{13}{64} \frac{s}{l} + \frac{9}{32} \frac{s}{l} \cdot \varepsilon \right) \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\} \dots (5)$$

Allein dieser Ausdruck hört auf brauchbar zu sein, wenn ε sehr groß wird. Lässt man daher $\sqrt{(1-\varepsilon \sin u'^2 \cos x^2)}$ unentwickelt, und bezeichnet man es, mit Herrn Legendre, durch Δ , so erhält man, unter Vernachlässigung der in $\sin u'^2$ multiplicirten, ε nicht enthaltenden Glieder,

$$q' = 0$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i} \int \left\{ \left(-\frac{1}{\sin u'^2} + \frac{1}{s} \right) \left(\Delta \frac{dx}{\cos x^2} - \frac{dx}{\cos x^2} \right) + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{s} \right) \frac{dx}{\Delta} - \left(\frac{s}{l} - \frac{3}{s} \right) dx \right\}$$

und wenn man von 0 bis π integrirt,

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i} \left\{ \left(-\frac{1}{\sin u'^2} + \frac{1}{s} \right) \frac{1}{\pi} \int \frac{dx}{\Delta \cos x^2} + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{s} \right) \int \frac{dx}{\Delta} - \frac{s}{l} + \frac{3}{s} \right\}$$

Dieses Integral kann bekanntlich von dem Nenner $\cos x^2$ befreit werden, wenn man $\Delta \tan x$ differentiirt; man erhält dadurch

$$d. (\Delta \tan x) = \frac{dx}{\Delta \cos x^2} - \varepsilon \sin u'^2 \cdot \frac{\cos x^2 dx}{\Delta}$$

also, da $\Delta \tan x$ für $x = 0$ und $x = \pi$ verschwindet,

$$\int \frac{dx}{\Delta \cos x^2} = \varepsilon \sin u'^2 \int \frac{\cos x^2 \cdot dx}{\Delta}$$

Hierdurch verwandelt sich der Ausdruck von q in

$$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon \cos i^2)}}{(1-\varepsilon) \cos i} \left\{ \int \frac{\left(\frac{1}{s} - \varepsilon \cos x^2 \right) dx}{\pi \Delta} + \frac{3}{s} + \frac{s}{l} \int \frac{dx}{\pi \Delta} - \frac{s}{l} \right\}. \quad (6)$$

5.

Die Form welche Gaußs der Berechnung der hier vorkommenden elliptischen Transcendenten gegeben hat, ist bekanntlich,

$$\int \frac{dx}{\pi \sqrt{(m m \cos x^2 + n n \sin x^2)}} = \frac{1}{\mu}$$

$$\int \frac{dx (\cos x^2 - \sin x^2)}{\pi \sqrt{(m m \cos x^2 + n n \sin x^2)}} = -\frac{\nu}{u},$$

wobei μ die Grenze ist, welcher die Quantitäten

$$m' = \frac{1}{2} (m + n)$$

$$n' = \sqrt{m n}$$

$$m'' = \frac{1}{2} (m' + n')$$

$$n'' = \sqrt{m' n'}$$

u. s. w.

sich nähern, und

$$\nu = \frac{2\lambda' \lambda' + 4\lambda'' \lambda'' + 8\lambda''' \lambda''' + \text{u. s. w.}}{\lambda \lambda}$$

wo $16\lambda\lambda = mm - nn$; $m'\lambda' = \lambda\lambda$; $m''\lambda'' = \lambda'\lambda'$, u. s. w. Wendet man dieses hier an, so hat man $m = \sqrt{1 - \varepsilon \sin u'^2}$, $n = 1$, und man erhält

$$q = \frac{\sqrt{1 - \varepsilon \cos i^2}}{2 \cos i} \left\{ \frac{1 - \nu}{\mu} + \frac{\frac{3}{4} \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) + \frac{\nu}{\mu}}{1 - \varepsilon} - \frac{2s}{l} \cdot \frac{1 - \frac{1}{\mu}}{1 - \varepsilon} \right\} \dots (7)$$

Für den Fall dafs $\varepsilon = -\infty$, oder dafs die Schneide durch eine auf die Axe der ξ senkrechte Ebene abgestumpft ist, ist diese Formel nicht unmittelbar anwendbar. Man formt aber den Ausdruck (6) leicht in folgenden um ($\sqrt{1 - \varepsilon \sin u'^2} = \Delta'$; $\varepsilon \sin u'^2 = \Delta'\Delta'.\varepsilon'$)

$$q = \frac{\sqrt{1 - \varepsilon \cos i^2}}{(1 - \varepsilon) \cos i} \left\{ \frac{\left(-\frac{1}{\sin u'^2} + \frac{1}{s} + \frac{s}{l}\right)}{\Delta'} \int \frac{dx}{\pi \sqrt{1 + \varepsilon' \sin x^2}} \right. \\ \left. + \frac{\Delta'}{\sin u'^2} \int \frac{dx \sqrt{1 + \varepsilon' \sin x^2}}{\pi} + \frac{3}{s} - \frac{s}{l} \right\}$$

unter welcher Form, aus der von Herrn Legendre (*Exercices du Calc. Int. I. P. 68*) gegebenen Reihenentwicklung der beiden Integrale, unmittelbar sichtbar wird, dafs für $\varepsilon = -\infty$ nur das zweite Glied in der Rechnung bleibt, und sich in

$$\frac{\sqrt{1 - \varepsilon \sin u'^2}}{\sin u'^2} \cdot \frac{2}{\pi}$$

verwandelt. Man hat also für diesen Fall

$$q = \frac{2}{\pi \sin u'} \dots \dots \dots (8)$$

und dieses ist das Maximum des Einflusses, welchen die Abstumpfung der Schneide erlangen kann.

Beilage X.

Einfluss der Unterlage auf die Bewegung eines um eine Schneide schwingenden festen Körpers.

1.

Wenn das mit der Schneide auf horizontalen Unterlagen liegende Pendel in Ruhe ist, so ist ein Punkt in der durch die Schneide gelegten lothrechten Ebene, von welchem ich annehme, dafs er, auch während der Bewegung, in dieser Ebene bleibt; seine Entfernung von der Schneide bezeichne

ich durch h . Die Schneide aber bewegt sich auf ihren Unterlagen und ist $h \sin u$ von ihrem ursprünglichen Orte entfernt, wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht; dabei erfährt sie die Entgegenwirkung einer Kraft, welche ich durch mQ bezeichne, wo m die Masse des Pendels ist.

Unter Anwendung der Bezeichnungen im 1^{ten} Art. der IX. Beilage ist die Differentialgleichung der Bewegung:

$$c = \int dm \cdot \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2 \lambda \int x dm + 2\pi^2 \lambda mh \int Q \cos u du$$

Wenn man x und y durch die im Pendel festen Coordinaten ξ und η ausdrückt, nämlich

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos u + \eta \sin u \\ y &= \xi \sin u - \eta \cos u + h \sin u \end{aligned}$$

und die Integrationen in Beziehung auf die Masse ausführt, so erhält man hieraus

$$c = \left(\frac{du}{dt}\right)^2 \left\{ \mu + (s+h)^2 - (2sh+hh) \sin^2 u \right\} - 2\pi^2 \lambda \left\{ s \cos u - h \int Q \cos u du \right\} \quad (1)$$

2.

Die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels findet sich hieraus nach der 3^{ten} Formel der I. Beilage, nachdem für Q sein Ausdruck gesetzt ist. Diesen werde ich

$$= a^{(0)} + a^{(1)}h \sin u + a^{(2)}h^2 \sin^2 u + a^{(3)}h^3 \sin^3 u + \text{u. s. w.}$$

annehmen, woraus die am angeführten Orte durch fu bezeichnete Größe

$$fu = -\frac{h}{s} \left\{ a^{(0)} \sin u + \frac{1}{2} a^{(1)}h \sin^2 u + \frac{1}{3} a^{(2)}h^2 \sin^3 u + \text{u. s. w.} \dots \right\}$$

folgt; man hat ferner, wenn man h^2 , wo es nicht in einen der Coefficienten a multiplicirt ist, vernachlässigt,

$$f'u = \frac{sh}{\mu + ss} \cos u^2;$$

endlich ist

$$nn = \frac{\pi^2 \lambda s}{\mu + ss}.$$

Hieraus folgt $f0 = 0$, und die angeführte Formel verwandelt sich in

$$\frac{\pi}{n} \left\{ Fu'' - \frac{dFu''}{du'} \cdot \frac{fu' + f(-u')}{2 \sin u'} \right\} + \frac{1}{n} \int \frac{f'u \cdot du + d \frac{fu}{\sin u}}{\sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}}.$$

Die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels = l' gesetzt, erhält man diese Schwingungszeit

$$= \sqrt{\frac{l'}{\lambda} \cdot Fu''},$$

also wenn man beide Ausdrücke derselben gleich setzt und sl für $\mu + ss$ schreibt, wo l die, dem ohne Störung durch die Unterlage schwingenden Pendel, entsprechende einfache Pendellänge bezeichnet,

$$l' = l - \frac{ldFu''}{Fu'' \cdot du''} \cdot \frac{fu' + f(-u')}{\sin u'} + \frac{2l}{Fu''} \cdot \int \frac{f'u \cdot du + d \frac{fu}{\sin u}}{\pi \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}}.$$

Vernachlässigt man in diesem Ausdrücke die Glieder der Störung welche in das Quadrat und die höheren Potenzen des Schwingungswinkels multiplicirt sind, so verschwindet sein zweites Glied aus der Rechnung, und das dritte wird, nach der Substitution der Ausdrücke von fu und $f'u$;

$$2h \int \frac{\cos u^2 \cdot du}{\pi \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}} - \frac{2lh}{s} \int \frac{(\frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{2}{3}a^{(2)}h^2 \sin u + \frac{3}{4}a^{(3)}h^3 \sin u^2 + \text{etc.}) \cos u du}{\pi \sqrt{(2 \cos u - 2 \cos u')}},$$

wovon das bis zu der angegebenen Grenze richtige Integral

$$= 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{1.3}{2.4}a^{(3)}h^3 \sin u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^{(5)}h^5 \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\}$$

ist. Man erhält also

$$l' = l + 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2}a^{(1)}h + \frac{1.3}{2.4}a^{(3)}h^3 \sin u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}a^{(5)}h^5 \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\} \dots (2)$$

3.

Die Abnahme des Schwingungswinkels während einer Schwingung, ist, nach der 2^{ten} Formel der I. Beilage

$$= \frac{f(-u') - fu'}{\sin u'},$$

also wenn man den Ausdruck von $f(-u')$ und fu' setzt,

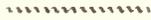
$$= \frac{2h}{s} \left\{ a^{(0)} + \frac{1}{3}a^{(2)}h^2 \sin u'^2 + \frac{1}{5}a^{(4)}h^4 \sin u'^4 + \text{u. s. w.} \right\} \dots (3)$$



I.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und dem Abwickelungs-Cylinder.



1^{ste} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
= 14,55 L.

Vergleichungen der beiden Uhren		R		P			
		h	'	"	h	'	"
1	März 31	9	49	0	9	48	28
2		20	28	30	20	27	47
3		21	27	0	21	26	16
4		22	26	0	22	25	15
5	Apr. 1	4	10	0	4	9	9
6	8	21	10	30	21	6	27
7		23	7	0	23	2	55
8		0	4	0	23	59	51
9		1	2	0	0	57	53
10	9	4	50	45	4	46	34
11		6	45	45	6	41	32
12		7	42	30	7	38	16
13		8	40	0	8	35	45
14	10	1	8	0	1	3	28
15		6	53	0	6	48	22
16		8	49	30	8	41	50
17		21	33	0	21	28	7
18		22	31	30	22	26	36
19		1	29	0	1	24	3
20	11	6	20	0	6	14	58
21	12	21	25	0	21	19	18
22		22	23	30	22	17	47
23		0	19	30	0	13	45
24		1	17	30	1	11	44
25	13	3	12	30	3	6	42
26		4	9	30	4	3	41

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R					
		St. Z.	Verbesserung		
		h	'	"	Tägliche Veränderung
März 30		5	22		
		+ 2,013			
31		0	23		
		+ 3,094			
Apr. 8		7	29		
		+ 6,503			
9		6	21		
		+ 6,962			
10		9	59		
		+ 7,770			
Aus Sonnenbeobb.....{					
März 31		2	53		+ 0,603
Apr. 4		15	56		+ 0,467
8		18	57		+ 0,182
9		20	12		+ 0,703
10		13	16		+ 0,718
11		13	19		+ 0,768

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	k	s	1 Schlag von P
I. a.	März 31	21 46	57 48,1	+ 0,579	0,9975639
I. b.	Apr. 8	22 48	57 52,8	+ 0,516	0,9975628
I. c.	9	6 22	57 17,2	+ 0,582	0,9975665
I. d.	10	4 23	57 38,2	+ 0,725	0,9975664
I. e.	10	23 52	58 59,1	+ 0,757	0,9975601
I. f.	12	23 59	57 58,2	+ 0,777	0,9975653

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.			
		h	'
1 bis 4	März 31	15	46
2 - 5		0	36
6 - 9	Apr. 8	23	3
8 - 10	9	2	36
10 - 13		6	41
14 - 16	10	4	44
17 - 19		23	37
19 - 20	11	3	55
21 - 21	12	23	21
23 - 26	13	2	15

Versuch I. a. 1826 März 31. 21^b 46' Stz. Barometer 336,81 *L.* + 3^o,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	509	h' ' "	1007	h' ' "	1516	h' ' "	2025	h' ' "
40	20 44 41	549	20 59 22	1018	21 13 41	1527	21 28 19	2054	21 42 57
80	45 53	578	21 0 31	1087	14 0	1596	28 38	2065	43 47
160	47 2	589	1 21	1098	15 59	1607	30 37	2105	44 6
189	49 20	618	1 40	1116	16 49	1636	30 56	2134	45 15
229	50 10	658	2 30	1127	17 8	1676	31 46	2145	46 5
	51 19	669	3 39	1167	17 8	1687	32 55	2214	46 24
		738	3 53	1178	18 17	1716	33 14	2225	48 23
			5 57	1178	18 36		34 4		48 42
116 $\frac{1}{3}$	20 48 4 $\frac{2}{3}$	613,5	21 2 22 $\frac{1}{4}$	1099 $\frac{3}{4}$	21 16 21	1620 $\frac{1}{8}$	21 31 18 $\frac{5}{8}$	2120 $\frac{7}{8}$	21 45 42 $\frac{1}{8}$
	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "
	2534	21 57 35	3003	22 11 4	3530	22 26 13	4010	22 40 1	
	2545	57 54	3032	11 54	3541	26 32	4021	40 20	
	2563	58 25	3043	12 13	3581	27 41	4050	41 10	
	2574	58 44	3072	13 3	3592	28 0	4090	42 19	
	2614	59 53	3083	13 22	3610	28 31	4101	42 38	
	2625	22 0 12	3152	15 21	3621	28 50	4130	43 28	
	2643	0 43	3163	15 40	3661	29 52	4148	43 59	
	2654	1 2	3192	16 30	3672	30 18	4159	44 18	
	2683	1 52	3232	17 39	3690	30 49	4170	44 37	
	2723	3 1	3243	17 58	3701	31 8	4181	44 56	
	2615,8	21 59 56,1	3121,5	22 14 28,4	3619,9	22 28 48,1	4106,0	22 42 46,6	

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72492858	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	γ	γ''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	γ'	γ''		
	h' ' "	h' ' "	h' ' "			h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "	h' ' "		
120	20 48 10,9915	38,3	3,48	3,40	20 48 10,9874	-0,0041	Anfang	13,883	3,44	3,29	3,50	3,48	3,40
620	21 2 33,4621	33,8			21 2 33,4621	0,0000	Ende...	13,887	3,53	3,39	3,59	3,54	3,54
1120	16 55,9300	29,8	3,50	3,42	16 55,9345	+0,0045	Mittel..	13,885	3,485	3,34	3,515	3,51	3,47
1620	31 18,4094	26,4			31 18,4051	-0,0043	Gemessene Länge	$F - 1^L 2524$					
2120	45 40,8657	23,6	3,51	3,45	45 40,8744	+0,0087	Temperatur von $F = 3^o 39$	$+ 0,0184$					
2620	22 0 3,3419	20,9			22 0 3,3427	-0,0022	Toise. Temperatur = 3,46	863, 8732					
3120	14 25,8126	18,8	3,51	3,48	14 25,8102	-0,0024	Elasticität des Fadens . . .	$+ 0,0042$					
3620	28 48,2725	16,9			28 48,2771	+0,0046	Länge des Pendels . .	$= F + 862, 6434$					
4120	43 10,7481	15,4	3,53	3,53	43 10,7437	-0,0044							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72492858 Uhrz. = 1'',7207265 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L 1942 + 2,9609 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2040 - 0,0005 ϵ - 0,2040 *k*
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2377
 — auf F - 862, 6434
 Resultat des Versuchs $F = 442, 5845 + 2,9604 \epsilon - 0,2040 k$

Versuch I. b. 1826 April 8. 22^b 48' Stz. Barometer 336,80 L. + 5^o,3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 43 42	469	21 57 11	989	22 12 8	1458	22 25 37	1967	22 40 15
40	44 51	480	57 30	1029	13 17	1498	26 46	1978	40 34
51	45 10	520	58 39	1069	14 26	1538	27 55	2007	41 24
80	46 0	549	59 29	1109	15 35	1549	28 14	2047	42 33
120	47 9	560	59 48	1138	16 25	1578	29 4	2087	43 42
160	48 18	589	22 0 38	1178	17 34	1618	30 13	2127	44 51
		629	1 47			1658	31 22	2167	46 0
		669	2 56			1698	32 31	2207	47 9
75 $\frac{1}{6}$	21 45 51 $\frac{2}{3}$	558 $\frac{1}{8}$	21 59 44 $\frac{3}{4}$	1085 $\frac{1}{8}$	22 11 54 $\frac{1}{6}$	1574 $\frac{3}{8}$	22 28 57 $\frac{3}{4}$	2073 $\frac{1}{8}$	22 43 18,5

2476	22 54 53	2956	23 8 41	3494	23 24 9	3963	23 37 38
2516	56 2	2985	9 31	3505	24 28	4003	38 47
2527	56 21	2996	9 50	3534	25 18	4014	39 6
2556	57 11	3145	10 7	3545	25 37	4043	39 56
2596	58 20	3156	14 26	3574	26 27	4054	40 15
2636	59 29	3185	15 16	3585	26 46	4083	41 5
2676	23 0 38	3225	16 25	3614	27 36	4094	41 24
2716	1 47	3265	17 34	3625	27 55	4123	42 14
				3654	28 45	4163	43 23
				3665	29 4	4174	43 42
2587 $\frac{3}{8}$	22 58 5 $\frac{1}{8}$	3114 $\frac{1}{8}$	23 13 13 $\frac{3}{4}$	3579 $\frac{1}{2}$	23 26 36 $\frac{1}{2}$	4071,4	23 40 45,0

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72494814		Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	μ	l'	l''	$1''$	$2''$		Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
80 21 46 0,0040	39,0	1,73	5,00	21 46 0,0023	-0,0017	Anfang	13,842	4,87	4,78	5,06	4,70	5,00
580 22 0 22,4835	34,2			22 0 22,4867	+0,0032	Ende...	13,834	4,93	4,83	5,06	5,04	5,17
1080 14 41,9669	30,1	4,78	5,00	14 41,9687	+0,0018	Mittel..	13,838	4,90	4,805	5,06	4,87	5,085
1580 29 7,4529	26,8			29 7,4489	-0,0040	Gemessene Länge	$F = 1^L 2482$					
2080 43 29,9279	23,8	4,85	5,01	43 29,9279	0,0000	Temperatur von $F = 4^o 84$	$+ 0,0262$					
2580 57 52,4034	21,3			57 52,4060	+0,0026	Toise. Temperatur = 4,96	$863,8880$					
3080 23 12 14,8857	19,2	5,00	5,05	23 12 14,8835	-0,0022	Elasticität des Fadens . . .	$+ 0,0042$					
3580 26 37,3625	17,2			26 37,3606	-0,0019	Länge des Pendels . . = $F + 862,6702$						
4080 40 59,8347	15,5	5,04	5,13	40 59,8373	+0,0026							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72494814 Uhrz. = 1'', 7207441 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L, 2209 + 2,9609 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2029 - 0,0005 ϵ - 0,2028 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2377
 — auf F - 862,6702

Resultat des Versuchs $F = 442,5855 + 2,9604 \epsilon - 0,2028 k$

Versuch I. c. 1826 April 9. 6^b 22' Stz. Barometer 337,52 L. + 7^o,6 C.

Beobachtete Coincidenzen	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00306920	Fehler
	μ	l'	l''		
0	h 5 22 23,5	14,65	5,71	5,86	+ 0,0011
648	33 13,5	13,7		33 13,4998	- 0,0002
1296	41 3,5	12,8	5,71	5,93	- 0,0026
1946	54 55,5	11,9		54 55,4999	- 0,0001
2596	6 5 47,5	11,0	5,74	5,99	+ 0,0015
3246	16 39,5	10,3		16 39,5023	+ 0,0023
3895	27 30,5	9,6	5,79	6,04	- 0,0006
4545	38 22,5	8,9		38 22,4991	- 0,0009
5195	49 14,5	8,3	5,82	6,06	- 0,0018
5846	7 0 7,5	7,8		7 0 7,4999	- 0,0001
6497	11 0 5	7,3	5,81	6,06	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	Anfang.	13,829	5,59	5,47	5,69	5,60	5,80
Ende ...	13,801	5,80	5,72	6,26	5,80	6,06
Mittel ..	13,815	5,695	5,595	5,975	5,70	5,93

Gemessene Länge	$F = 1,2461$
Temperatur von $F = 5^{\circ},63$	+ 0,0305
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F = 1,2142$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00306920 Uhrz. = 1'',0006282 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,3640 + 1,0013 ϵ

Reduction auf den leeren Raum - 0,0655 - 0,0002 ϵ - 0,0685 k

———— auf das zusammengesetzte Pendel - 0,0110

———— auf F + 1,2142

Resultat des Versuchs $F = 442,4687 + 1,0011 \epsilon - 0,0685 k$

Versuch I. d. 1826 April 10. 4^h 23' Stz. Barometer 335,97 L. + 9^o,1 C.

Probachtete Coincidenzen				Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00306809		Fehler
h	i	''	u	l'	l''	h	''	''	
0	3	24 18,5	13,5	6,14	6,37	3	24 18,5048	+ 0,0048	
618	35	8,5	12,7			35	8,5008	+ 0,0008	
1297	45	59,5	11,9	6,19	6,43	45	59,4990	- 0,0010	
1947	56	51,5	11,0			56	51,4994	- 0,0006	
2596	4	7 42,5	10,3	6,25	6,54	4	7 42,4951	- 0,0019	
3247	18	35,5	9,7			18	35,4975	- 0,0025	
3898	29	28,5	9,0	6,31	6,63	29	28,4993	- 0,0007	
4549	40	21,5	8,4			40	21,5007	+ 0,0007	
5199	51	13,5	7,9	6,31	6,68	51	13,4985	- 0,0015	
5851	5	2 7,5	7,4			5	2 7,5022	+ 0,0022	
6502	13	0,5	7,0	6,34	6,74	13	0,5026	+ 0,0026	

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'				e''		e'''		l'		l''	
		R	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Anfang.	13,756	5,92	6,02	6,53	6,11	6,40							
Ende ...	13,753	6,21	6,26	6,97	6,39	6,74							
Mittel..	13,7545	6,065	6,14	6,75	6,25	6,57							

Gemessene Länge	$F - 1,2407$
Temperatur von $F \equiv 6^{\circ},11$	+ 0,0331
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$\equiv F - 1,2062$

Beobachtete Schwingungszeit $\equiv 1'',00306809$ Uhrz.	$\equiv 1'',0006270$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels.	441,3630 + 1,0013 ϵ
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0681 - 0,0002 ϵ - 0,0680 k
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0410
— auf F	+ 1,2062
Resultat des Versuchs	$F \equiv 442,4601 + 1,0011 \epsilon - 0,0680 k$

Versuch I. e. 1826 Apr. 10. 23^b 52' Stz. Barometer 336,40 *L.* + 7^o,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' ' 22 46 28	560	h' ' ' 23 2 34	1040	h' ' ' 23 16 22	1520	h' ' ' 23 30 10	2029	h' ' ' 23 44 48
80	48 16	571	2 53	1080	17 31	1531	30 29	2040	45 7
91	49 5	600	3 43	1120	18 40	1519	31 0	2080	46 16
120	49 55	611	4 2	1131	18 59	1560	31 19	2109	47 6
160	51 4	640	4 52	1160	19 49	1600	32 28	2120	47 25
240	53 22	651	5 11	1200	20 58	1629	33 18	2189	49 24
		720	7 10			1640	33 37	2200	49 43
		731	7 29			1680	34 46	2240	50 52
115 $\frac{1}{6}$	22 49 46 $\frac{2}{3}$	635 $\frac{1}{2}$	23 4 41 $\frac{1}{4}$	1121 $\frac{5}{6}$	23 18 43 $\frac{1}{6}$	1588 $\frac{5}{8}$	23 32 8 $\frac{3}{8}$	2125 $\frac{7}{8}$	23 47 35 $\frac{1}{8}$
	h' ' ' 25 20	h' ' ' 23 58 55	3029	h' ' ' 0 13 33	3549	h' ' ' 0 28 30	4007	h' ' ' 0 41 40	
	2589	0 0 54	3040	13 52	3560	28 19	4018	41 59	
	2600	1 13	3069	14 42	3589	29 39	4029	42 18	
	2669	3 12	3080	15 1	3629	30 48	4058	43 8	
	2680	3 31	3109	15 51	3658	31 38	4069	43 27	
	2749	5 30	3149	17 0	3669	31 57	4087	43 58	
			3160	17 19	3709	33 6	4098	44 17	
			3189	18 9	3738	33 56	4109	44 36	
			3229	19 18	3749	34 15	4138	45 26	
			3240	19 37	3778	35 5	4167	46 16	
	2634 $\frac{1}{2}$	0 2 12,5	3129,4	0 16 26,2	3662,8	0 31 46,3	4078	0 43 42,5	

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72497638	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l''			Schraube des Füllheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
	o	o	o									o
120 h' ' ' 22 49 55,0041	39,5	6,66	6,96	h' ' ' 22 49 55,0091	+ 0,0050	Anfang	13,572	6,55	6,49	6,97	6,65	6,94
620 23 4 17,5128	31,6			23 4 17,5080	- 0,0048	Ende...	13,574	6,69	6,64	7,11	6,79	7,28
1120 18 40,0042	30,5	6,71	7,02	18 40,0045	+ 0,0003	Mittel .	13,573	6,62	6,565	7,04	6,72	7,11
1620 33 2,4962	26,8			33 2,4992	+ 0,0030	Gemessene Länge	$F = 1,2243$					
2120 47 24,9907	23,9	6,74	7,08	47 24,9925	+ 0,0018	Temperatur von $F = 6^{\circ},58$	+ 0,0356					
2620 0 1 47,1878	21,6			0 1 47,4850	- 0,0028	Toise.Temperatur = $6^{\circ},85$	863,9066					
3120 16 9,9852	19,3	6,75	7,17	16 9,9768	- 0,0084	Elasticität des Fadens . . .	+ 0,0042					
3620 30 32,4700	17,3			30 32,4680	- 0,0020	Länge des Pendels . . . = $F + 862,7221$						
4120 44 54,9500	15,7	6,78	7,26	44 54,9589	+ 0,0089							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72497638 Uhrz. = 1'',7207676 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,2566 + 2,9610 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2012 - 0,0005 ϵ - 0,2012 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2378
 — auf F - 862,7221
 Resultat des Versuchs $F = 442,5711 + 2,9605 \epsilon - 0,2012 k$

Versuch I. f. 1826 Apr. 12. 23^b 59' Stz. Barometer 332,19 L. + 9^o,6 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	520	h' ' "	1011	h' ' "	1491	h' ' "	1971	h' ' "
40	22 52 26	531	23 7 23	1051	23 21 30	1531	23 35 18	2011	23 49 6
51	53 35	571	7 42	1080	22 39	1542	36 27	2051	50 15
91	53 54	600	8 51	1091	23 29	1571	36 46	2091	51 24
120	55 3	611	9 41	1160	23 48	1611	37 36	2102	52 33
131	55 53	640	10 0	1171	25 47	1651	38 45	2131	52 52
	56 12	651	10 50	1200	26 6	1662	39 54	2171	53 42
		680	11 9	1241	26 56	1702	40 13	2182	54 51
		691	11 59		27 15		41 22		55 10
72 ¹ / ₀	22 54 30,5	610 ³ / ₀	23 9 59 ² / ₀	1121 ⁷ / ₀	23 24 41 ⁴ / ₀	1595 ¹ / ₀	23 38 17 ³ / ₀	2088 ³ / ₀	23 52 19 ¹ / ₀

2491	h' ' "	3000	h' ' "	3491	h' ' "	4011	h' ' "
2531	0 4 3	3011	0 18 41	3502	0 32 48	4022	0 47 15
2542	5 12	3022	19 0	3531	33 7	4080	48 4
2571	5 31	3051	19 19	3542	33 57	4091	49 44
2611	6 21	3062	20 9	3571	31 16	4102	50 3
2622	7 30	3091	20 28	3582	35 6	4171	50 22
2622	7 49	3102	21 18	3611	35 25	4182	52 21
2651	7 49	3131	21 37	3622	36 15	4251	52 40
2662	8 39	3171	22 27	3651	36 34		54 39
2691	8 58	3182	23 36	3662	37 24		
2731	9 48		23 55		37 43		
2610,3	0 7 28,8	3082,3	0 21 3	3576,5	0 35 15,5	4113 ³ / ₀	0 50 12 ¹ / ₀

Reducirte Mittel der Beobh.	Schwingungswerte und Temperatur			Rechnung		Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	u	l'	l'''	l ¹ ,72499552			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
100	22 35 18,5125	39,9	7,75	8,57	22 55 18,5089	-0,0036	Anfang	13,535	7,76	7,79	8,40	7,73	8,58
600	23 9 41,0140	31,6			23 9 41,0174	+0,0034	Ende...	13,523	7,96	8,19	8,50	8,00	8,75
1100	24 3,5156	30,4	7,82	8,54	24 3,5233	+0,0077	Mittel	13,529	7,86	7,99	8,45	7,865	8,665
1600	38 26,0341	27,1			38 26,0275	-0,0069	Gemessene Länge	..... F-1,2204					
2100	52 48,5313	24,1	7,92	8,56	52 48,5303	-0,0010	Temperatur von F=7 ^o ,94	.. +0,0130					
2600	0 7 11,0325	21,5			0 7 11,0323	-0,0002	Toise, Temperatur=8,26	.. 863,9205					
3100	21 33,5325	19,3	7,95	8,62	21 33,5331	+0,0009	Elasticität des Fadens	..... +0,0042					
3600	35 56,0375	17,3			35 56,0341	-0,0034	Länge des Pendels	... =F+862,7476					
4100	50 18,5313	15,5	7,99	8,72	50 18,5345	+0,0032							

Beobachtete Schwingungszeit = 1^{''},72499552 Uhrz..... = 1^{''},7207957 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^{''},2992 + 2,9611 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2008 - 0,0005 ε - 0,2007 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2378
 — auf F - 862,7476
 Resultat des Versuchs F = 442,5886 + 2,9606 ε - 0,2007 k

2^e Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
 $= 14,69 L.$

Vergleichungen der beiden Uhren		<i>R</i>		<i>P</i>	
		h	'	h	'
1	Apr. 18	22	9 0	22	0 52
2	19	2	3 0	1	54 48
3		3	58 30	3	50 16
4		4	57 0	4	48 45
5		7	51 30	7	43 12
6		21	31 0	21	22 28
7		22	30 0	22	21 27
8		23	28 30	23	19 56
9		0	27 0	0	18 25
10	20	4	18 0	4	9 21
11		6	14 0	6	5 19
12		7	12 30	7	3 48
13		21	35 0	21	26 3
14		22	32 30	22	23 32
15		23	29 30	23	20 31
16		0	26 30	0	17 30
17		1	23 0	1	13 59
18	21	2	20 0	2	10 58
19		3	18 0	3	8 57
20		22	14 0	22	4 37
21		23	11 30	23	2 6
22		0	7 30	23	58 5
23		1	5 0	0	55 34
24	22	2	1 0	1	51 33
25		2	58 0	2	48 32
26		4	50 0	4	40 30
27		7	40 30	7	30 57

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr <i>R</i>			
St. Z.		Verbesserung	Tagliche Veränderung
Apr. 17	10 20	+ 11,233	
19	9 6	+ 12,870	Apr. 18
20	9 30	+ 13,773	19
21	7 29	+ 14,306	20
22	1 26	+ 14,660	21
23	7 21	+ 15,221	22

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch	St. Z.	<i>k</i>	<i>s</i>	1 Schlag von <i>P</i>	
II. a.	Apr. 18	23 19	58 33,8	+ 0,859	0,9975634
II. b.	19	5 14	58 5,6	+ 0,869	0,9975658
II. c.	19	23 22	58 35,4	+ 0,861	0,9975633
II. d.	20	4 35	57 45,4	+ 0,791	0,9975666
II. e.	20	22 56	56 59,1	+ 0,561	0,9975678
II. f.	21	23 19	56 47,2	+ 0,425	0,9975673

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

	St. Z.	h	'	h	'
1 bis 2	Apr. 18	0	6	58	30,0
2 - 5	19	5	3	58	6,4
6 - 9	19	22	59	58	39,0
9 - 12	20	3	11	57	54,0
13 - 17	20	23	29	57	0,0
15 - 19	20	1	23	57	3,0
20 - 21	21	0	7	56	45,0
24 - 27	22	4	54	56	32,1

Versuch II. a. 1826 Apr. 18. 23^h 19' Stz. Barometer 340,10 L. + 4^o,6 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 9 34''	531	22 24 50''	1062	22 40 6''	1484	22 52 14''	2015	23 7 30''
40	10 43	542	25 9	1073	40 25	1513	53 4	2044	8 20
80	11 52	571	25 59	1142	42 24	1524	53 23	2055	8 39
120	13 1	611	27 8	1153	42 43	1553	54 13	2095	9 48
160	14 10	622	27 27	1193	43 52	1564	54 32	2135	10 57
251	16 47	651	28 17			1604	55 41	2175	12 6
		662	28 36			1644	56 50	2186	12 25
		691	29 26			1684	57 59	2215	13 15
		702	29 45						
		731	30 35						
108 $\frac{1}{2}$	22 12 41 $\frac{1}{2}$	631,1	22 27 43,2	1124 $\frac{2}{5}$	22 41 54	1571 $\frac{1}{4}$	22 54 14,5	2115	23 10 22,5

2535	23 22 27	3026	23 36 34	3557	23 51 50	4048	0 5 57''
2546	22 16	3037	36 53	3568	52 9	1059	6 16
2575	23 36	3055	37 24	3637	54 8	4070	6 35
2586	23 55	3088	38 21	3618	51 27	4117	7 56
2615	24 45	3106	38 52	3717	56 26	4139	8 34
2626	25 4	3117	39 11	3797	58 44	4159	8 53
2655	25 54	3157	40 20			4219	10 52
2666	26 13	3168	40 39			4230	11 11
2706	27 22	3186	41 10				
2735	28 12	3197	41 29				
2624,5	23 25 1,1	3113,7	23 39 5,3	3654	23 54 37 $\frac{1}{3}$	4129	0 8 16 $\frac{3}{4}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72504248	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	u	l'	l'''			Schraube des Fühlröh.							
	h' , ''	o	o			R	e'	e''	e'''	l'	l'''		
110	22 12 43,7543	39,3	4,25	1,56	22 12 43,7543	0,0000	Anfang	12,125	1,35	1,33	1,66	1,25	1,56
610	27 6,2838	31,1			27 6,2858	+0,0020	Ende...	12,119	1,56	1,48	1,76	1,53	1,84
1110	41 28,8142	30,0	4,27	1,59	41 28,8147	+0,0005	Mittel..	12,122	4,455	4,405	4,71	1,39	1,70
1610	55 51,3459	26,4			55 51,3419	-0,0040	Gemessene Länge	F=1,0934					
2110	23 10 13,8747	23,5	4,38	1,62	23 10 13,8679	-0,0068	Temperatur von F=4 ^o ,42	+0,0239					
2610	24 36,3867	20,9			24 36,3930	+0,0063	Toise, Temperatur = 4 ^o ,58	863,8843					
3110	38 58,9173	18,5	4,43	1,71	38 58,9175	+0,0002	Elasticität des Fadens	+0,0042					
3610	53 21,4309	16,4			53 21,4414	+0,0105	Länge des Pendels	=F+862,8190					
4110	0 7 43,9739	14,6	4,51	1,82	0 7 43,9651	-0,0088							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72504248 Uhr. = 1'',7208393 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,3653 + 2,9612 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2053 - 0,0005 ε - 0,2052 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383
 — auf F - 862,8190
 Resultat des Versuchs F = 442,5793 + 2,9607 ε - 0,2052 k

Versuch II. b. 1826 Apr. 19. 5^h 14' Stz. Barometer 340,34 L. + 5°,2 C

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	531	h' ' "	1033	h' ' "	1564	h' ' "	2044	h' ' "
40	5 35	542	20 1	1062	34 58	1593	50 14	2055	3 31
80	6 44	611	22 0	1073	35 17	1604	50 33	2124	5 30
160	9 2	691	24 18	1142	37 16	1644	51 42	2135	5 49
240	11 20	702	24 37	1153	37 35	1673	52 32	2175	6 58
251	11 39	742	25 46	1193	38 44	1684	52 51	2186	7 17
				1233	39 53	1724	54 0	2204	7 48
				1273	41 2	1764	55 9	2215	8 7
128 $\frac{1}{2}$	4 8 7 $\frac{2}{3}$	636 $\frac{1}{2}$	4 22 41	1145 $\frac{1}{4}$	4 37 21 $\frac{5}{8}$	1656 $\frac{1}{4}$	4 52 3 $\frac{1}{8}$	2112 $\frac{1}{4}$	5 6 1,5

2575	h' ' "	3037	h' ' "	3557	h' ' "	4059	h' ' "
2586	18 47	3077	32 54	3568	47 1	4070	1 27
2626	19 56	3106	33 44	3648	49 19	4139	3 26
2637	20 15	3117	34 3	3728	51 37	4219	5 44
2666	21 5	3157	35 12	3739	51 56	4230	6 3
2706	22 14	3168	35 31	3808	53 55		
2717	22 33	3197	36 21				
2786	24 32	3237	37 30				
2662 $\frac{3}{8}$	5 20 58 $\frac{3}{4}$	3137	5 34 37,5	3674 $\frac{2}{4}$	5 50 5	4143 $\frac{2}{5}$	6 3 33,6

Reducirte Mittel der Beobh.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72504470	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	u	l'	l'''			Schraube des Fuhheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
140 4 8 27,5048	39,7	4,83	4,95	4 8 27,5023	-0,0025	Anfg. R	12,099	4,87	4,78	5,01	4,81	4,95
640 22 59,0377	31,8			22 59,0358	-0,0019	Ende	12,098	4,97	4,83	5,06	4,93	5,00
1140 37 12,5685	30,5	4,95	4,95	37 12,5669	-0,0016	Mittel	12,0985	4,92	4,805	5,035	4,87	4,975
1640 51 35,0928	26,9			51 35,0961	+0,0033							
2140 5 5 57,6186	24,0	4,98	4,96	5 5 57,6240	+0,0054	Gemessene Länge	..... F-1,0913					
2640 20 20,1519	21,4			20 20,1508	-0,0011	Temperatur von F=4°,84.	+0,0262					
3140 34 42,6752	19,3	5,00	5,00	34 42,6769	+0,0017	Toise, Temperatur=4°,94.	863,8878					
3640 49 5,1981	17,3			49 5,2023	+0,0042	Elasticität des Fadens	..... +0,0042					
4140 6 3 27,7348	15,5	4,94	5,00	6 3 27,7272	-0,0076	Länge des Pendels	..... =F+862,8269					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72504470 Uhrz. = 1'',7208456 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,3749 + 2,9613 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,2051 - 0,0005 ε - 0,2050 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383

— auf F - 862,8269

Resultat des Versuchs F=442,5812 + 2,9608 ε - 0,2050 k

Versuch II. c. 1826 Apr. 19. 23^h 22' Stz. Barometer 311,57 L. + 4^o,7 C.

Beobachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00322861			Fehler
	h	'	u	l'	l''	h	'	''	
0	22	21 30,5	12,4	4,53	4,47	22	21 30,4998		- 0,0002
617		31 49,5	11,6				31 49,4985		- 0,0015
1236		42 10,5	10,9	4,53	4,47		42 10,5029		+ 0,0029
1853		52 29,5	10,2				52 29,5001		+ 0,0001
2470	23	2 48,5	9,6	4,59	4,50	23	2 48,4968		- 0,0032
3089		13 9,5	9,0				13 9,4995		- 0,0005
3708		23 30,5	8,5	4,59	4,50		23 30,5015		+ 0,0017
4326		33 50,5	8,0				33 50,5005		+ 0,0005
4945		44 11,5	7,5	4,62	4,56		44 11,5020		+ 0,0020
5563		54 31,5	7,1				54 31,5001		+ 0,0001
6181	0	4 51,5	6,7	4,62	4,58	0	4 51,4979		- 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fuhlhebels					
	n	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang.	12,288	4,49	4,33	4,62	4,48	4,39
Ende ...	12,284	4,73	4,53	4,71	4,62	4,61
Mittel ..	12,286	4,61	4,43	4,665	4,55	4,50

Gemessene Länge $F = 1,1082$
 Temperatur von $F = 4^{\circ},49$ $+ 0,0243$
 Elasticität des Fadens $+ 0,0014$
 Länge des Pendels $= F = 1,0825$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00322861 Uhrz. = 1'',0007810 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 411^l,5016 $+ 1,0016 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $- 0,0697 - 0,0002 \epsilon - 0,0697 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel $- 0,0404$
 — auf F $+ 1,0825$
 Resultat des Versuchs 412,4740 $+ 1,0014 \epsilon - 0,0697 k$

Versuch II. d. 1826 Apr. 20. 4^h 35' Stz. Barometer 341,47 L. + 5°,6 C.

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00322011			Fehler
	h	'	''	μ	l'	l''	h	'	''	
0	3	34	18,5	12,3	5,18	5,03	3	34	18,5025	+ 0,0025
618		44	38,5	11,5				44	38,4992	- 0,0008
1237		54	59,5	10,8	5,18	5,03		54	59,4982	- 0,0018
1857	4	5	21,5	10,1			4	5	21,4998	- 0,0002
2476		15	42,5	9,5	5,18	5,03		15	42,4975	- 0,0025
3097		26	5,5	8,9				26	5,5010	+ 0,0010
3717		36	27,5	8,4	5,18	5,06		36	27,5010	+ 0,0010
4337		46	49,5	8,0				46	49,5007	+ 0,0007
4957		57	11,5	7,5	5,21	5,09		57	11,5001	+ 0,0001
5578	5	7	34,5	7,0			5	7	34,5023	+ 0,0023
6197		17	55,5	6,5	5,21	5,12		17	55,4979	- 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'		e''		e'''		l'		l''	
	R	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Anfang.	12,341	5,16	4,93	5,10	5,15	5,01					
Ende ...	12,339	5,26	5,03	5,30	5,21	5,12					
Mittel ..	12,340	5,21	4,98	5,20	5,18	5,065					

Gemessene Länge	F	- 1,1131
Temperatur von F = 5°,06	+	0,0274
Elasticität des Fadens	+	0,0014
Länge des Pendels	= F	- 1,0843

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00322011 Uhrz. = 1'',0007789 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441,4970 + 1,0016 ε

Reduction auf den leeren Raum

— auf das zusammengesetzte Pendel

— auf F

Resultat des Versuchs

Versuch II. e. 1826 Apr. 20. 22^b 56' Stz. Barometer 34,42 L. + 1°, s C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 45 38"	531	22 0 51"	1033	22 15 20"	1524	22 29 27"	2015	22 43 31"
51	47 6	542	1 13	1044	15 39	1564	30 36	2026	43 53
80	47 56	552	2 22	1073	16 29	1601	31 45	2055	44 43
91	48 15	593	2 41	1113	17 38	1615	32 4	2066	45 2
211	51 42	622	3 31	1124	17 57	1641	32 54	2095	45 52
251	52 51	662	4 40	1153	18 47	1655	33 13	2106	46 11
		673	4 59	1164	19 6	1724	35 12	2146	47 20
		702	5 49	1193	19 56	1735	35 31	2175	48 10
				1204	20 15			2186	48 29
				1273	22 14			2226	49 38
114	21 48 51 $\frac{2}{3}$	613 $\frac{3}{8}$	22 3 16 $\frac{1}{8}$	1137,4	22 18 20,1	1633 $\frac{1}{8}$	22 32 35 $\frac{1}{4}$	2109,6	22 46 17,2

2517	22 58 0"	3048	23 13 16"	3510	23 26 33"	4059	23 42 20"
2528	68 19	3059	13 35	3579	28 32	4070	42 39
2546	58 50	3077	14 6	3590	28 51	4139	41 38
2557	59 9	3088	14 25	3659	30 50	4150	41 57
2626	23 1 8	3128	15 34	3670	31 9	4161	45 16
2637	1 27	3139	15 53	3739	33 8	4219	46 56
2677	2 36	3208	17 52	3750	33 27	4230	47 15
2688	2 55	3219	18 11			4241	47 34
2717	3 45						
2757	4 51						
2625	23 1 6,3	3120 $\frac{3}{4}$	23 15 21,5	3642 $\frac{3}{7}$	23 30 21 $\frac{3}{7}$	4158 $\frac{5}{8}$	23 45 11 $\frac{7}{8}$

Messung der Länge des Pendels.

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung		Fehler	Schraube des Fühlheb.						
	μ	l'	l'''	$1'', 72504862$			R	e'	e''	e'''	l'	l'''	
120	21 49 5,0170	38,6	4,85	5,02	21 49 5,0167	-0,0003	Anfg.	12,151	1,83	4,73	5,06	4,81	5,00
620	22 3 27,5535	33,9			22 3 27,5514	-0,0021	Ende.	12,157	5,02	4,83	5,15	5,01	5,17
1120	17 50,0841	29,9	4,95	5,06	17 50,0839	-0,0002	Mittel	12,154	4,925	4,78	5,105	4,925	5,085
1620	32 12,6057	26,6			32 12,6147	+0,0060							
2120	46 35,1406	23,6	4,99	5,07	46 35,1442	+0,0036							
2620	23 0 57,6747	21,2			23 0 57,6729	-0,0018							
3120	15 20,2062	19,0	5,01	5,13	15 20,2008	-0,0054							
3620	29 42,7351	17,1			29 42,7281	-0,0100							
4120	44 5,2448	15,4	5,04	5,17	44 5,2550	+0,0102							

Gemessene Länge $F=1,0963$
 Temperatur von $F=4^{\circ}, 83$ $+0,026t$
 Toise, Temperatur $=4^{\circ}, 97$ $863,8881$
 Elasticität des Fadens $+0,0042$
 Länge des Pendels $=F+862,8221$

Beobachtete Schwingungszeit = $1'', 72504862$ Uhrz = $1'', 7208530$ MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,3861 + 2,9613 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $-0,2063 - 0,0005 \epsilon - 0,2062 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel $+0,2383$
 — auf F $-862,8221$

Resultat des Versuchs $F=442,5960 + 2,9608 \epsilon - 0,2062 k$

Versuch II. *f.* 1826 April 21. 23^h 19' Stz. Barometer 343,00 *L.* + 6^o,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 8 40	531	22 23 56	1022	22 38 3	1524	22 52 29	2015	22 6 36
40	9 19	542	24 15	1033	38 22	1564	53 38	2055	7 45
80	10 58	582	25 24	1073	39 31	1575	53 57	2095	8 54
131	12 26	622	26 33	1113	40 40	1604	54 47	2106	9 13
160	13 16	662	27 42	1153	41 49	1644	55 56	2146	10 22
211	14 44	702	28 51	1193	42 58	1695	57 24	2175	11 12
								2186	11 31
								2226	12 40
103 $\frac{2}{3}$	22 11 38 $\frac{5}{6}$	606 $\frac{5}{6}$	22 26 6 $\frac{5}{6}$	1097 $\frac{5}{6}$	22 40 13 $\frac{5}{6}$	1601	22 54 41 $\frac{5}{6}$	2125 $\frac{1}{2}$	23 9 46 $\frac{5}{8}$

2506	23 20 43	2997	23 34 50	3528	23 50 6	4030	0 4 32
2516	21 52	3008	35 9	3539	50 25	4041	4 51
2557	22 11	3077	37 8	3579	51 34	4059	5 22
2597	23 20	3088	37 27	3608	52 21	4070	5 41
2626	21 10	3128	38 36	3619	52 43	4081	6 0
2637	21 29	3168	39 45	3659	53 52	4110	6 50
2666	25 19	3208	40 54	3699	55 1	4121	7 9
2677	25 38	3219	41 13	3739	56 10	4150	7 59
						4190	9 8
						4230	10 17
2601 $\frac{1}{2}$	23 23 27 $\frac{3}{4}$	3111 $\frac{5}{8}$	23 38 7 $\frac{3}{4}$	3621 $\frac{1}{4}$	23 52 46 $\frac{7}{8}$	4108,2	0 6 46,9

Messung der Länge des Pendels.

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72504900	Fehler	Schraube des Fühlheb.						
	<i>u</i>	<i>r'</i>	<i>r''</i>			<i>R</i>	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>i'</i>	<i>i''</i>	
110 22 11 49,7587	40,3	5,67	5,82	22 11 49,7572	-0,0015	Anfang.	12,231	5,64	5,47	5,79	5,63	5,77
610 26 12,2960	34,9			26 12,2929	-0,0031	Ende ...	12,222	5,80	5,62	6,04	5,77	6,09
1110 40 31,8215	30,8	5,72	5,87	40 31,8260	+0,0045	Mittel..	15,228	5,72	5,545	5,915	5,70	5,93
1610 54 57,3587	27,2			54 57,3573	-0,0014							
2110 23 9 19,8866	24,2	5,76	5,96	23 9 19,8873	+0,0007	Gemessene Länge	<i>F</i> - 1,1030					
2610 23 42,4130	21,8			23 42,4164	+0,0031	Temperatur von <i>F</i> = 5 ^o ,61	+ 0,0301					
3110 38 4,9168	19,5	5,79	6,05	38 4,9448	-0,0020	Toise, Temperatur = 5,75	863,8958					
3610 52 27,4684	17,4			52 27,4726	+0,0045	Elasticität des Fadens	+ 0,0042					
4110 0 6 50,0051	15,6	5,77	6,08	0 6 49,9999	-0,0052	Länge des Pendels	= <i>F</i> + 862,8274					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72504900 Uhrz. = 1'',7208525 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 4305^L,3854 + 2,9613 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,2060 - 0,0005 ε - 0,2059 *k*

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383

— auf *F* - 862,8274

Resultat des Versuchs *F* = 442,5903 + 2,9608 ε - 0,2059 *k*

3^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
 = 14,96 L.

Vergleichungen der beiden Uhren		R		P	
		h	'	h	'
1	Apr. 23	21	32 0	21	20 47
2		22	28 30	22	18 16
3		0	21 30	0	11 14
4		1	17 0	1	6 43
5	24	3	9 30	2	59 11
6		6	48 0	6	37 37
7		7	43 0	7	32 36
8		22	29 0	22	18 20
9		23	24 0	23	13 19
10		0	20 0	0	9 18
11	25	1	14 30	1	3 47
12		3	4 0	2	53 15
13		3	58 30	3	47 44
14		4	52 0	4	41 13
15		5	46 0	5	35 12
16		6	41 0	6	30 11
17		7	35 0	7	24 10
18		21	23 30	21	12 25
19		22	21 0	22	9 54
20		1	11 0	0	59 51
21		2	7 30	1	56 20
22	26	6	47 30	6	36 15
23		7	42 30	7	31 14

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R			
	St. Z.	Verbesserung	
Apr. 23	7 24	+15,221	Apr. 23
	24	+15,700		18 51
25	+16,273	24	17 35
26	+16,650	25	16 15
27	+16,840	26	16 22

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch	St. Z.	k	s	1 Schlag von P	
III. a.	Apr. 23	23 30	56 16,8	+ 0,524	0,9975710
III. b.	24	4 39	55 0,5	+ 0,549	0,9975782
III. c.	24	23 38	55 17,9	+ 0,553	0,9975765
III. d.	25	5 3	54 10,9	+ 0,502	0,9975822
III. e.	25	23 48	56 45,5	+ 0,329	0,9975663
III. f.	26	5 40	55 39,4	+ 0,276	0,9975715

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.

	Apr.	St. Z.	h	'	h	'
1 bis 4	23	23	25	56	18,0	
4 - 7	24	4	33	55	2,0	
8 - 11	24	23	52	55	15,0	
11 - 17	25	4	27	54	18,3	
18 - 21	25	23	46	56	45,9	
20 - 23	26	4	27	55	53,1	

Versuch III. a. 1826 Apr. 23. 23^h 30' Stz. Barometer 338,94 L. + s°, 4 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 18 48	495	22 33 2	1001	22 47 35	1536	23 2 58	2031	23 17 12
51	20 16	506	33 21	1041	48 44	1547	3 17	2042	17 31
102	21 44	546	34 30	1052	49 3	1587	4 26	2082	18 40
142	22 53	597	35 58	1092	50 12	1598	4 45	2093	18 59
153	23 12	618	37 26	1103	50 31	1718	8 12	2133	20 8
182	24 2	688	38 35	1143	51 40	1729	8 31	2213	22 26
				1194	53 8			2224	22 45
				1223	53 58			2264	23 54
105	22 21 49 $\frac{1}{6}$	580	22 35 28 $\frac{2}{3}$	1106 $\frac{1}{6}$	22 50 36 $\frac{3}{8}$	1619 $\frac{1}{6}$	23 5 21,5	2135 $\frac{1}{6}$	23 20 11 $\frac{7}{8}$

2497	23 30 36	2992	23 44 50	3187	23 59 4	3982	0 13 18
2537	31 45	3021	45 40	3516	59 54	3993	13 37
2577	32 54	3032	45 59	3527	0 0 13	4011	14 18
2588	33 13	3072	47 8	3567	1 22	4022	14 27
2628	34 22	3083	47 27	3578	1 41	4062	15 36
2639	34 41	3123	48 36	3618	2 50	4073	15 55
2668	35 31	3134	48 55	3629	3 9	4102	16 45
2708	36 40	3203	50 54	3658	3 59	4113	17 4
				3669	4 18	4124	17 23
				3698	5 18	4153	18 13
2605 $\frac{1}{4}$	23 33 42 $\frac{3}{4}$	3082 $\frac{1}{2}$	23 47 26 $\frac{1}{8}$	3594,7	0 2 9,8	4063,5	0 15 38,6

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72524654	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
100	22 21 40,5404	39,9	7,10	7,84	22 21 40,5392	-0,0012	Anfg. 9,075	7,12	7,10	7,80	7,07	7,84
600	36 3,1717	35,2			36 3,1731	+0,0014	Ende 9,061	7,27	7,35	8,10	7,38	8,16
1100	59 25,8078	31,0	7,21	7,84	59 25,8047	-0,0031	Mittel 9,068	7,195	7,225	7,95	7,225	8,00
1600	23 4 48,4327	27,5			23 4 48,4345	+0,0018						
2100	19 11,0599	24,4	7,26	7,92	19 11,0631	+0,0032						
2600	33 33,6924	21,9			33 33,6907	-0,0017						
3100	47 56,3169	19,6	7,29	8,03	47 56,3176	+0,0007						
3600	0 2 18,9438	17,6			0 2 18,9441	+0,0003						
4100	16 41,5716	15,9	7,36	8,13	16 41,5702	-0,0014						

Gemessene Länge F = 0,8179
 Temperatur von F = 7°, 21 + 0,0390
 Toise, Temperatur = 7°, 65 863,9145
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels = F + 863,1398

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72524654 Uhrz. = 1'', 7210559 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,6939 + 2,9620 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,2024 - 0,0005 ε - 0,2024 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395

— auf F - 863,1898

Resultat des Versuchs F = 442,5912 + 2,9615 ε - 0,2024 k

Versuch III. b. 1826 April 24. 4^h 33' Stz. Barometer 338,16 L. + 10^o,3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	495	h' ' "	990	h' ' "	1536	h' ' "	1991	h' ' "
11	3 28 28	506	3 42 42	1001	3 56 56	1616	4 12 38	2031	4 25 43
80	28 47	626	43 1	1011	57 14	1627	14 56	2060	26 52
131	30 46	637	46 28	1012	58 21	1667	15 15	2071	27 42
131	32 14	677	46 47	1052	58 43	1667	16 24	2071	28 1
142	32 33	677	47 56	1121	4 0 42	1718	17 52	2111	29 10
193	34 1	688	48 15	1183	2 29	1758	19 1	2122	29 29
								2162	30 38
								2213	32 6
92 ⁵ / ₆	3 31 8 ¹ / ₆	601 ⁵ / ₆	3 45 51,5	1064 ² / ₃	3 59 4 ⁵ / ₆	1653 ² / ₃	4 16 1	2095 ¹ / ₆	4 28 42 ⁵ / ₆
2566	h' ' "	3021	h' ' "	3516	h' ' "	4011	h' ' "	5 23 48	
2577	4 42 15	3032	4 55 20	3527	5 9 31	4040	5 23 48	24 38	
2606	42 34	3050	55 39	3556	9 53	4051	24 38	21 57	
2617	43 24	3061	56 10	3596	10 43	4091	26 6	26 6	
2617	43 43	3101	56 29	3607	11 52	4102	26 25	27 34	
2657	44 52	3112	57 38	3617	12 11	4142	27 53	29 2	
2668	45 11	3152	57 57	3658	13 20	4193	29 2		
		3163	59 6	3698	13 39				
		3163	59 25		14 48				
		3203	5 0 31						
		3232	1 24						
2615 ¹ / ₆	4 43 39 ⁵ / ₆	3112,7	4 57 58,2	3600 ⁵ / ₆	5 12 0	4097 ⁷ / ₆	5 26 17 ⁷ / ₆		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72524226	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	u	l'	l''			Schraube des Fühlheh.	e'	e''	e'''	l'	l''		
100	h' ' "	39,1	7,91	8,87	3 31 20,5281	-0,0029	Anfang	9,118	7,81	8,09	8,60	7,90	8,86
600	45 43,1613	34,3			45 43,1598	-0,0015	Ende...	9,100	8,15	8,33	9,00	8,11	9,14
1100	4 0 5,7921	30,3	7,96	8,93	4 0 5,7890	-0,0031	Mittel..	9,109	7,98	8,21	8,80	8,005	9,00
1600	14 28,4116	26,9			14 23,4163	+0,0017	Gemessene Länge	F = -0,8216					
2100	28 51,0356	23,9	8,00	8,97	28 51,0424	+0,0068	Temperatur von F = 8 ^o ,13	+0,0440					
2600	43 13,6670	21,4			43 13,6676	+0,0006	Toise, Temperatur = 8,56	863,9235					
3100	57 36,2893	19,3	8,01	8,99	57 36,2929	+0,0036	Elasticität des Fadens	+0,0042					
3600	5 11 58,9217	17,3			5 11 58,9160	-0,0057	Länge des Pendels	= F + 863,1501					
4100	26 21,5412	15,6	8,09	9,12	26 21,5397	-0,0015							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72524226 Uhrz. = 1'', 7210641 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7061 + 2,9620 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2013 - 0,0005 ε - 0,2013 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
 — auf F. - 863,1501
 Resultat des Versuchs F = 442,5945 + 2,9614 ε - 0,2013 k

Versuch III. c. 1826 April 24. 23^h 38' Stz. Barometer 336,60 *L.* + 9^o,3 *C.*

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00354200			Fehler
	^h	[']	^{''}	^u	^{l'}	^{l''}	^h	[']	^{''}	
0	22	39	37,5	11,6	7,95	8,30	22	39	37,5037	+ 0,0037
563	49	2,5		10,9			49	2,5029		+ 0,0029
1125	58	26,5		10,3	8,00	8,33	58	26,4981		- 0,0019
1688	23	7	51,5	9,7			23	7	51,4964	- 0,0036
2252	17	17,5		9,1	8,03	8,36	17	17,4978		- 0,0022
2816	26	43,5		8,6			26	43,4977		- 0,0023
3380	36	9,5		8,15	8,06	8,38	36	9,4995		- 0,0005
3944	45	35,5		7,7			45	35,4999		- 0,0001
4508	55	1,5		7,3	8,06	8,41	55	1,5000		0,0000
5072	0	4	27,5	6,9			0	4	27,5000	0,0000
5637	13	54,5		6,4	8,11	8,47	13	54,5037		+ 0,0033

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	^{e'}	^{e''}	^{e'''}	^{l'}	^{l''}
Anfang.	^R 9,220	^o 8,05	^o 8,19	^o 8,70	^o 7,95	^o 8,30
Ende ...	9,216	8,16	8,28	8,90	8,14	8,50
Mittel ..	9,218	8,105	8,235	8,80	8,045	8,40

Gemessene Länge	<i>F</i> - 0,8315
Temperatur von <i>F</i> = 8 ^o , 19	+ 0,0443
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= <i>F</i> - 0,7858

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00354200 Uhrz.	= 1'',0011099 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,7890 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0678 - 0,0002 ε - 0,0678 <i>k</i>
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0394
— auf <i>F</i>	+ 0,7858
Resultat des Versuchs	<i>F</i> = 442,4676 + 1,0020 ε - 0,0678 <i>k</i>

Versuch III. d. 1826 Apr. 25. 5^b 3' Stz. Barometer 335,50 L. + 11°,4 C.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00353604		Fehler
		u	l'	l''	h	h	
0	4° 4' 55,5	12,2	8,53	8,94	4 4' 55,5024	+ 0,0024	
563	11 20,5	11,5			14 20,4988	- 0,0012	
1127	23 44,5	10,9	8,56	8,97	23 44,4983	- 0,0017	
1691	33 12,5	10,3			33 12,4973	- 0,0027	
2256	42 39,5	9,7	8,59	9,03	42 39,4993	- 0,0007	
2821	52 6,5	9,1			52 6,5008	+ 0,0008	
3386	5 1 33,5	8,5	8,61	9,12	5 1 33,5021	+ 0,0021	
3951	11 0,5	8,1			11 0,5030	+ 0,0030	
4515	20 26,5	7,7	8,67	9,14	20 26,4999	- 0,0001	
5080	29 53,5	7,2			29 53,5005	+ 0,0005	
5644	39 19,5	6,8	8,72	9,20	39 19,4973	- 0,0027	

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R					
Anfang.	9,168	8,52	8,74	9,35	8,48	8,92
Ende ...	9,158	8,72	9,02	9,55	8,77	9,20
Mittel ..	9,163	8,62	8,88	9,45	8,625	9,06

Gemessene Länge	F - 0,8265
Temperatur von F = 8°,79	+ 0,0476
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 0,7775

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00353604 Uhrz.	= 1'',0011097 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,7889 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0673 - 0,0002 ε - 0,0673 k
----- auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0393
----- auf F	+ 0,7775
Resultat des Versuchs	F = 442,4594 + 1,0020 ε - 0,0673 k

Versuch III. e. 1826 Apr. 25. 23^b 48' Stz. Barometer 333,22 L. + 10^o3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	22 36 31	535	22 51 54	990	23 4 59	1496	23 19 32	2002	23 34 5
40	37 40	546	52 13	1030	6 8	1525	20 22	2031	34 55
120	39 58	586	53 22	1041	6 27	1536	20 41	2071	36 4
131	40 17	615	54 12	1081	7 36	1576	21 50	2082	36 23
171	41 26	666	55 40	1092	7 55	1638	23 37	2122	37 32
182	41 45	677	55 59	1132	9 4	1667	24 27	2184	39 19
			1161		9 54	1707	25 36	2213	40 9
			1212		11 22	1758	27 4		
107 $\frac{1}{3}$	22 39 36 $\frac{1}{6}$	604 $\frac{1}{6}$	22 53 53 $\frac{1}{3}$	1092 $\frac{3}{8}$	23 7 55 $\frac{5}{8}$	1612 $\frac{7}{8}$	23 22 53 $\frac{5}{8}$	2100 $\frac{5}{7}$	23 36 55 $\frac{2}{3}$

2566	23 50 18	2992	0 2 33	3505	0 17 18	3982	0 31 1
2577	50 37	3021	3 23	3538	18 15	4022	32 10
2617	51 46	3061	4 32	3567	19 5	4051	33 0
2628	52 5	3072	4 51	3578	19 24	4084	33 57
2668	53 14	3112	6 0	3607	20 14	4113	34 47
2697	51 4	3123	6 19	3618	20 33	4131	35 18
		3163	7 28	3658	21 42	4153	35 56
		3174	7 47	3669	22 1	4161	36 15
		3203	8 37	3687	22 32	4204	37 24
				3720	23 29		
2625 $\frac{1}{2}$	23 52 0 $\frac{2}{3}$	3102 $\frac{1}{3}$	0 5 43 $\frac{1}{3}$	3614,7	0 20 27,3	4100 $\frac{2}{9}$	0 34 25 $\frac{1}{3}$

	Reducirte Mittel der Beob.			Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72525274		Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	h' ''			μ	t'	t''	h' ''			Schraube des Fuhrheb.		e'	e''	e'''	t'	t''	
	h	'	''	o	o	o	h	''		R	o	o	o	o	o	o	
100	22	39	23,5148	39,2	8,91	9,72	22	39	23,5105	-0,0043	Anfang	9,070	8,90	9,22	9,70	8,90	9,71
600	53	46	14,17	34,5			53	46	14,76	+0,0029	Ende...	9,058	9,09	9,26	9,89	9,04	9,99
1100	23	8	8,7801	30,5	8,95	9,75	23	8	8,7823	+0,0022	Mittel..	9,064	8,995	9,24	9,795	8,97	9,85
1600	22	31	4,123	27,1			22	31	4,151	+0,0028	Gemessene Länge	$F=0,8176$					
2100	36	54	0,534	24,2	8,98	9,84	36	54	0,468	-0,0066	Temperatur von $F=9^{\circ} 15$.	$+0,0495$					
2600	51	16	6,726	21,8			51	16	6,776	+0,0050	Toise, Temperatur = 9, 57 .	863,9334					
3100	0	5	39,3077	19,4	9,02	9,91	0	5	39,3076	-0,0001	Elasticität des Fadens	$+0,0042$					
3600	20	1,9387	17,5				20	1,9371	-0,0016	Länge des Pendels	$=F+863,1695$						
4100	34	24,5665	15,7	9,03	9,98		34	24,5662	-0,0003								

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72525274 Uhrz. = 1'', 7210540 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,6910 + 2,9620 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1977 - 0,0005 ϵ - 0,1976 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel. + 0,2395
 — auf F - 836,1695

Resultat des Versuchs $F = 442,5633 + 2,9615 \epsilon - 0,1976 k$

Versuch III. f. 1826 Apr. 26. 5^h 40' Stz. Barometer 332,20 L. + 12^o,2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	546	h' ' "	1041	h' ' "	1536	h' ' "	2042	h' ' "
80	4 27 16	557	4 42 58	1052	4 57 12	1587	5 11 26	2053	5 25 59
91	29 34	626	45 16	1092	57 31	1598	12 54	2082	26 18
131	29 53	637	45 16	1103	58 40	1638	13 13	2093	27 8
142	31 2	677	45 35	1143	58 59	1619	14 22	2133	27 27
262	31 21	677	46 44	1172	5 0 8	1689	14 41	2184	28 36
	34 48	688	47 3	1223	0 58	1718	15 50	2195	30 4
		728	48 12		2 26	1769	16 40	2235	30 23
		739	48 31				18 8		31 32
117 $\frac{2}{3}$	4 30 39	619 $\frac{3}{4}$	5 45 57	1118	4 59 24 $\frac{6}{9}$	1648	5 11 39 $\frac{1}{4}$	2127 $\frac{1}{8}$	5 28 25 $\frac{7}{8}$

25 48	h' ' "	3054	h' ' "	3538	h' ' "	4044	h' ' "
2559	5 40 32	3072	5 55 5	3549	6 9 0	4084	6 23 33
2588	40 51	3105	55 36	3589	9 19	4095	24 42
2628	41 41	3123	56 33	3618	10 28	4124	25 1
2639	42 50	3134	57 4	3640	11 18	4135	25 51
2679	43 9	3174	57 23	3651	11 56	4146	26 10
2690	44 18	3185	58 32	3680	12 15	4164	26 29
2741	44 37	3214	58 51	3720	13 5	4175	27 0
	46 5		59 41	3731	14 14	4186	27 19
					14 33	4197	27 38
2634	5 43 0 $\frac{3}{8}$	3132 $\frac{5}{8}$	5 57 20 $\frac{5}{8}$	3635 $\frac{1}{9}$	6 11 47 $\frac{5}{9}$	4135	6 26 10

Reducirte Mittel der Beob.		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72526146		Messung der Länge des Pendels.					
		μ	l'	l''	Fehler		Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
130	h' ' "	38,5	9,46	10,62	h' ' "	+0,0024	R	\circ	\circ	\circ	\circ	\circ
630	4 31 0,2782	31,0			4 31 0,2806	-0,0044	Anfang	9,033	9,14	9,71	10,39	9,44 10,57
1130	45 22,9261	30,2	9,49	10,69	45 22,9217	+0,0002	Ende...	9,025	9,68	9,95	10,59	9,60 10,85
1630	59 45,5602	27,0			59 45,5604	+0,0002	Mittel .	9,029	9,56	9,83	10,49	9,52 10,71
2130	5 14 8,1953	24,0	9,52	10,76	5 14 8,1979	-0,0010	Gemessene Länge	$F - 0,8144$				
2630	28 30,8351	21,5			28 30,8341	-0,0048	Temperatur von $F = 9^{\circ}, 76$	$+0,0527$				
3130	42 53,4740	19,3	9,56	10,83	42 53,4692	+0,0074	Toise, Temperatur = $10^{\circ}, 22$	863,9398				
3630	57 16,0962	17,3			57 16,1036	0,0000	Elasticität des Fadens	$+0,0042$				
4130	6 11 38,7376	15,5	9,60	10,85	6 11 28,7376	-0,0026	Länge des Pendels . . . = $F + 863,1823$					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72526146 Uhrz. = 1'',7210717 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305 $\frac{1}{2}$ 7179 + 2,9620 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1967 - 0,0005 ϵ - 0,1966 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
 — auf F - 863,1823

Resultat des Versuchs $F = 442,5784 + 2,9615 \epsilon - 0,1966 k$

4^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
= 14,96 L.

Vergleichungen der beiden Uhren		R		P	
		h	'	h	'
1	Mai 2	22	7 0	21	53 19
2		23	6 30	22	52 48
3		0	5 30	23	51 47
4		1	4 30	0	50 46
5		2	3 0	1	49 15
6	3	3	2 0	2	48 14
7		4	1 0	3	47 13
8		5	0 0	4	46 12
9		6	56 0	6	42 10
10		7	54 0	7	40 9
11		8	52 0	8	38 8
12		0	27 0	0	11 52
13	4	3	22 0	3	6 49
14		4	21 0	4	5 48
15		6	16 0	6	0 46
16		8	10 0	7	51 44
17		9	6 30	8	51 13
18	5	22	17 0	22	2 4
19		23	14 30	22	59 33
20		0	11 30	23	56 32
21	6	3	1 30	2	46 29
22		3	58 0	3	32 58
23		21	56 30	21	41 9
24		22	53 0	22	37 38
25		0	47 0	0	31 36
26		1	43 30	1	28 5
27	7	3	36 30	3	21 3
28		6	28 0	6	12 30
29		7	25 0	7	9 29
30		8	22 0	8	6 28
31		9	19 0	9	3 27

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R		Tägliche Veränderung	
St. Z.	Verbesserung	h	'
Mai 1	7 17	20	44
2	10 10	20	52
3	7 34	18	15
4	4 56	18	14
5	7 31	19	33
6	7 35	19	36
7	7 37	20	6
8	8 35		

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch	St. Z.	z	s	1 Schlag von P	
IV. a.	Mai 2	0 17	58 58,7	+ 0,433	0,9975565
IV. b.	3	6 20	58 14,4	+ 0,464	0,9975604
IV. c.	4	5 43	57 31,3	+ 0,495	0,9975643
IV. d.	5	1 18	56 47,4	+ 0,646	0,9975698
IV. e.	6	0 4	56 48,2	+ 0,514	0,9975682
IV. f.	7	6 18	56 54,8	+ 0,530	0,9975678

Bei dieser Bestimmung hatte ich den Fühlhebel festgestellt, so daß die Berührung der Ebene desselben mit der Kugel, mit einer Lupe beobachtet wurde; auf diese Art sind die wirklichen Längen der Pendel gemessen, nicht, wie bei den übrigen Bestimmungen, die durch den Druck des Fühlhebels verkürzt.

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.		h	'	''
1 bis 5	Mai 2	0	6	59 0,0
6 - 11	3	5	58	58 17,1
12 - 15	4	3	16	58 12,8
13 - 17	4	6	16	57 21,9
18 - 22	5	1	14	56 47,4
23 - 26	6	23	50	56 48,0
27 - 31	7	6	23	56 54,9

Versuch IV. a. 1826 Mai 2. $0^h 17'$ Stz. Barometer 335,67 L. $+ 11^{\circ}, 8 C.$

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' "	466	h' "	972	h' "	1478	h' "	1995	h' "
11	23 2 26	477	23 15 50	1023	23 30 23	1489	23 41 56	2006	23 59 48
51	2 45	517	16 9	1034	31 51	1529	45 15	2137	0 0 7
62	3 54	528	17 18	1125	32 10	1540	46 24	2177	3 53
113	4 13	579	17 37	1165	34 47	1580	46 43	2188	5 2
153	5 41	648	19 5	1176	35 56	1591	47 52	2239	5 21
	6 50		21 4		36 15	1711	48 11		6 49
						1722	51 38		
						1722	51 57		
65	23 4 18 $\frac{1}{6}$	535 $\frac{5}{6}$	23 17 50,5	1082,5	23 33 33 $\frac{2}{3}$	1580	23 47 52	2123 $\frac{2}{3}$	0 3 30

2161	h' "	3007	h' "	3173	h' "	3968	h' "
2472	0 13 12	3018	0 25 51	3184	0 42 18	3979	0 56 32
2541	13 31	3058	29 13	3513	42 37	4019	56 51
2552	15 30	3069	30 22	3524	43 27	4030	58 0
2592	15 49	3098	30 41	3553	43 46	4070	58 19
2603	16 58	3109	31 31	3564	44 36	4081	59 28
2643	17 17	3120	31 50	3604	44 55	4099	59 47
2654	18 26	3189	32 9	3615	46 4	4110	1 0 18
	18 45		34 8	3655	46 23	4121	0 37
				3666	47 32	4132	0 56
					47 51		1 15
2561 $\frac{3}{4}$	0 16 11	3083 $\frac{1}{2}$	0 31 6	3565,1	0 44 56,9	4060,9	0 59 12,3

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungswerte und Temperatur			Rechnung $1'', 72529046$	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	u	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
80 23 4 44,0462	39,1	10,50	11,13	22 4 41,0454	-0,0008	A.	8,909	10,52	10,63	11,13	10,49	11,12
580 19 6,7008	31,2			19 6,7013	+0,0005	E.	8,915	10,62	10,78	11,33	10,55	11,34
1080 33 29,3531	30,2	10,53	11,19	33 29,3548	+0,0014	M.	8,912	10,57	10,705	11,23	10,52	11,23
1580 47 52,0000	27,0			47 52,0067	+0,0067							
2080 0 2 14,6618	24,0	10,56	11,24	0 2 14,6573	-0,0045							
2580 16 37,3109	21,5			16 37,3069	-0,0040							
3080 30 59,9614	19,2	10,59	11,28	30 59,9558	-0,0056							
3580 45 22,6070	17,3			45 22,6041	-0,0029							
4080 59 45,2433	15,5	10,56	11,33	59 45,2518	+0,0085							

Gemessene Länge $F = 0,8039$
 Temperatur von $F = 10^{\circ}, 66$ $+ 0,0577$
 Toise, Temperatur $= 11^{\circ}, 01$ $863,9476$
 Länge des Pendels . . . $= F + 863,2014$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'', 72529046$ Uhrz. $= 1'', 7210747$ MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,7225 + 2,9620 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $- 0,1980 - 0,0005 \epsilon - 0,1980 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel $+ 0,2395$
 — auf F $- 863,2014$

Resultat des Versuchs $F = 442,5626 + 2,9615 \epsilon - 0,1980 k$

Versuch IV. *b.* 1826 Mai 3. 6^h 20' Stz. Barometer 335,72 *L.* + 13^o,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h 5 24 "	517	h 5 20 16 "	1012	h 5 34 30 "	1489	h 5 48 13 "	1995	h 6 2 46 "
11	5 43	568	21 44	1023	34 49	1529	49 22	2006	3 5
51	6 52	579	22 3	1063	35 58	1540	49 41	2086	5 23
62	7 11	597	22 34	1074	36 17	1580	50 50	2126	6 32
102	8 20	608	22 53	1114	37 26	1620	51 59	2137	6 51
233	12 6	648	24 2	1125	37 45	1660	53 8	2177	8 0
241	12 25	659	24 21	1154	38 35	1671	53 27	2188	8 19
		699	25 30	1165	38 54	1711	54 36		
				1176	39 13				
				1245	41 12				
100 $\frac{3}{7}$	5 8 17 $\frac{2}{7}$	609 $\frac{3}{4}$	5 22 55 $\frac{3}{8}$	1115,1	5 37 27,9	1600	5 51 24,5	2182 $\frac{1}{7}$	6 5 50 $\frac{6}{7}$
	25 41	6 18 28 "	3007	6 31 52 "	3502	6 46 6 "	4019	7 0 58 "	
	25 52	18 47	3036	32 42	3513	46 25	4048	1 48	
	25 92	19 56	3047	33 1	3553	47 34	4059	2 7	
	26 03	20 15	3058	33 20	3564	47 53	4070	2 26	
	26 32	21 5	3069	33 39	3601	49 2	4081	2 45	
	26 72	22 14	3098	34 29	3615	49 21	4099	3 16	
	26 83	22 33	3138	35 38	3641	50 11	4110	3 35	
	27 23	23 42	3149	35 57	3655	50 30	4150	4 44	
			3189	37 6	3684	51 20	4161	5 3	
			3200	37 25	3695	51 39	4201	6 12	
2624 $\frac{3}{4}$	6 20 52,5	3099,1	6 34 30,9	3602,9	6 49 0,1	4099,8	7 3 17,4		

Reducirte Mittel der Beobh.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72528940	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	<i>u</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>			Schraube des Fühlheb.	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	
100 h 5 16,5463	37,7	11,06	11,79	h 5 8 16,5448	-0,0015	A.	8,946	11,21	11,31	11,71	11,00	11,70
600 22 39,2005	33,3			22 39,1995	-0,0010	E.	8,921	11,21	11,46	12,00	11,19	12,08
1100 37 1,8480	29,3	11,12	11,88	37 1,8521	+0,0041	M.	8,9335	11,21	11,385	11,855	11,095	11,89
1600 51 24,5000	26,2			51 24,5031	+0,0031							
2100 6 5 47,1600	23,4	11,14	11,93	6 5 47,1530	-0,0070							
2600 20 9,7988	20,9			20 9,8020	+0,0032							
3100 34 32,4528	18,7	11,16	11,98	34 34,4502	-0,0026							
3600 48 55,0966	16,7			48 55,0979	+0,0013							
4100 7 3 17,7451	15,2	11,18	12,06	7 3 17,7453	+0,0002							

Gemessene Länge *F* = 0,8058
 Temperatur von *F* = 11,32 + 0,0613
 Toise, Temperatur = 11,66 863,9540
 Länge des Pendels = *F* + 863,2095

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72528940 Uhrz. = 1'',7210804 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,7311 + 2,9620 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1976 - 0,0005 ε - 0,1975 *k*
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
 — auf *F* - 863,2095

Resultat des Versuchs *F* = 442,5635 + 2,9615 ε - 0,1975 *k*

Versuch IV. c. 1826 Mai 4. 5^h 43' Stz. Barometer 337,02 L. + 12°,3 C.

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00357038			Fehler
	h	'	''	u	l'	l''	h	'	''	
0	4	40	19,5	12,3	11,08	11,23	4	40	19,4995	- 0,0005
559		49	40,5	11,7				49	40,5015	+ 0,0015
1117		59	0,5	11,0	11,08	11,23		59	0,4992	- 0,0008
1676	5	8	21,5	10,4			5	8	21,4999	- 0,0001
2235		17	42,5	9,8	11,08	11,26		17	42,5001	+ 0,0001
2794		27	3,5	9,2				27	3,4999	- 0,0001
3353		36	24,5	8,75	11,08	11,31		36	24,4993	- 0,0007
3913		45	46,5	8,3				45	46,5020	+ 0,0020
4471		55	6,5	7,9	11,11	11,31		55	6,4974	- 0,0026
5031	6	4	28,5	7,45			6	4	28,4996	- 0,0004
5591		13	50,5	7,0	11,11	11,34		13	50,5015	+ 0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	n					
Anfang .	9,101	11,16	11,26	11,62	10,91	11,20
Ende ...	9,098	11,21	11,36	11,81	11,11	11,37
Mittel ..	9,0995	11,185	11,31	11,715	11,01	11,285

Gemessene Länge	F = 0,8208
Temperatur von F = 11°,27	+ 0,0610
Länge des Pendels	= F = 0,7598

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00357038 Uhrz. = 1'',0011260 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441^L,8033 + 1,0023 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,0672 - 0,0002 ε - 0,0671 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel - 0,0393
 — auf F + 0,7598

Resultat des Versuchs F = 442,4566 + 1,0021 ε - 0,0671 k

Versuch IV. *d.* 1826 Mai 5. 1^h 18' Stz. Barometer 336,39 *L.* + 12^o,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00356311	Fehler	
	μ	l'	l''			
0	0 15 31,5	12,7	10,66	10,93	0 15 31,5004	+ 0,0004
560	24 53,5	11,95			24 53,5020	+ 0,0020
1119	34 14,5	11,3	10,66	11,10	34 14,4994	- 0,0006
1679	43 36,5	10,7			43 36,4999	- 0,0001
2239	52 58,5	10,15	10,66	11,12	52 58,5000	0,0000
2799	1 2 20,5	9,5			1 2 20,4995	- 0,0005
3359	11 42,5	8,9	10,69	11,15	11 42,4985	- 0,0015
3919	21 4,5	8,4			21 4,4973	- 0,0027
4480	30 27,5	8,0	10,72	11,18	30 27,4993	- 0,0007
5041	39 50,5	7,6			39 50,5011	+ 0,0011
5602	49 13,5	7,2	10,72	11,20	48 13,5026	+ 0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R					
Anfang.	9,140	10,69	10,93	11,52	10,66	10,93
Ende ...	9,132	10,87	11,12	11,66	10,72	11,21
Mittel..	9,136	10,78	11,025	11,59	10,69	11,07

Gemessene Länge	$F - 0,8241$
Temperatur von $F = 10^o,94$	+ 0,0592
Länge des Pendels	$= F - 0,7649$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',00356311$ Uhrz.....	$= 1'',0011243$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels.....	$441,8018 + 1,0022 \epsilon$
Reduction auf den leeren Raum	$- 0,0671 - 0,0002 \epsilon - 0,0671 k$
----- auf das zusammengesetzte Pendel	$- 0,0393$
----- auf F	+ 0,7649
Resultat des Versuchs.....	$F = 442,4603 + 1,0020 \epsilon - 0,0671 k$

Versuch IV. e. 1826 Mai 6. 0^h 4' Stz. Barometer 337,08 L. + 12°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	506	h' ' "	1012	h' ' "	1518	h' ' "	1984	h' ' "
40	22 47 29	517	23 2 2	1052	23 16 35	1569	23 31 8	2024	23 44 32
51	48 38	557	2 21	1063	17 41	1580	32 36	2064	45 41
102	48 57	648	3 30	1103	18 3	1609	32 55	2075	46 50
142	50 25	688	6 7	1114	19 12	1649	33 45	2115	47 9
193	51 34	699	7 16	1154	19 31	1700	34 54	2166	48 18
	53 2		7 35		20 40	1711	35 13	2177	49 46
							36 22	2206	50 5
							36 41		50 55
88	20 50 0 $\frac{5}{6}$	602,5	23 4 48,5	1083	23 18 37,5	1624,5	23 34 11 $\frac{3}{4}$	2101 $\frac{3}{4}$	23 47 51,5
2530	h' ' "	3025	h' ' "	3520	h' ' "	3986	h' ' "		
2541	0 0 14	3036	0 14 28	3531	0 28 42	3997	0 42 6		
2570	0 33	3076	14 47	3542	29 1	4037	42 25		
2581	1 23	3087	15 56	3673	29 20	4066	43 34		
2610	1 42	3127	16 15	3684	33 6	4077	44 24		
2621	1 42	3156	17 24	3702	33 25	4088	44 43		
2661	2 32	3167	18 14	3713	33 56	4099	45 2		
2672	2 51	3207	18 33		34 15	4128	45 21		
	4 0	3218	19 42			4168	46 11		
	4 19		20 1			4179	47 20		
							47 39		
2598 $\frac{1}{4}$	0 2 11 $\frac{3}{4}$	3122 $\frac{1}{9}$	0 17 15 $\frac{5}{9}$	3623 $\frac{4}{7}$	0 31 10 $\frac{5}{7}$	4082,5	0 41 52,5		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung		Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l''	l'' , 72527742			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''		
100	h' ' "	39,7	10,50	11,30	h' ' "		A.	R	9,049	10,57	10,72	11,33	10,44	11,26
600	22 50 21,5368	34,7			22 59 21,5372	+0,0004	E.		8,989	10,69	10,92	11,47	10,66	11,56
1100	23 4 44,1868	30,6	10,54	11,33	23 4 44,1868	0,0000	M.		9,019	10,63	10,82	11,40	10,55	11,41
1600	19 6,8299	27,1			19 6,8339	+0,0040								
2100	23 29,4804	24,1	10,58	11,39	33 29,4792	-0,0012								
2600	47 52,1277	21,6			47 52,1232	-0,0045								
3100	0 2 14,7692	19,1	10,63	11,45	0 2 14,7663	-0,0029								
3600	47 52,1277	17,3			16 37,4087	+0,0011								
4100	16 37,4076	15,6	10,66	11,50	31 0,0505	+0,0037								
	45 22,6925				45 22,6920	-0,0005								

Gemessene Länge $F = 0,8135$
 Temperatur von $F = 10^{\circ},75$ + 0,0582
 Toise, Temperatur = $11^{\circ},16$ 863,9491
 Länge des Pendels . . . = $F + 863,1938$

Beobachtete Schwingungszeit = l'' , 72527742 Uhrz. = l'' , 7210819 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,7334 + 2,9620 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $- 0,1988 - 0,0005 \epsilon - 0,1988 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
 — auf F $- 863,1938$
 Resultat des Versuchs $F = 442,5803 + 2,9615 \epsilon - 0,1988 k$

Versuch IV. *f.* 1826 Mai 7. 6^h 18' Stz. Barometer 336,96 *L.* + 13^o,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	5 1 29	546	5 17 11	1001	5 30 16	1518	5 45 8	2024	5 59 41
40	2 38	586	18 20	1012	30 35	1558	46 17	2064	6 0 50
51	2 57	597	18 39	1052	31 44	1569	46 36	2075	1 9
120	4 56	637	19 48	1063	32 3	1598	47 26	2115	2 18
182	6 43	648	20 7	1114	33 31	1609	47 45	2126	2 37
222	7 52	688	21 16	1183	35 30	1649	48 54	2195	4 36
		739	22 44	1194	35 49	1660	49 13	2206	4 55
				1234	36 58	1700	50 22	2246	6 4
102 $\frac{1}{2}$	5 4 25 $\frac{5}{6}$	634 $\frac{3}{7}$	5 19 43 $\frac{3}{7}$	1106 $\frac{5}{8}$	5 33 18 $\frac{1}{4}$	1607 $\frac{5}{8}$	5 47 42 $\frac{5}{8}$	2131 $\frac{5}{8}$	6 2 46 $\frac{1}{4}$
	2530	6 14 14	3025	6 28 28	3520	6 42 42	3997	6 56 25	
	2541	14 33	3036	28 47	3542	43 20	4037	57 34	
	2559	15 4	3076	29 56	3553	43 39	4088	59 2	
	2570	15 23	3087	30 15	3571	44 10	4099	59 21	
	2610	16 32	3127	31 24	3582	44 29	4139	7 0 30	
	2621	16 51	3156	32 14	3622	45 38	4168	1 20	
	2661	18 0	3167	32 33	3633	45 57	4179	1 39	
	2672	18 19	3207	33 42	3673	47 6	4219	2 48	
	2712	19 28	3218	34 1	3684	47 25			
	2723	19 47			3702	47 56			
	2619,9	6 16 49,1	3122 $\frac{1}{9}$	6 31 15 $\frac{5}{9}$	3608,2	6 45 14,2	4115 $\frac{3}{4}$	6 59 49 $\frac{7}{8}$	

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72528446	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
	$^{\circ}$	$^{\circ}$	$^{\circ}$									R
110 5 4 38,7730	39,0	11,12	12,14	5 4 38,7721	-0,0009	A.	8,985	11,16	11,46	12,00	11,11	12,13
610 19 1,4249	34,1			19 1,4246	-0,0003	E.	8,971	11,46	11,70	12,24	11,33	12,29
1110 33 24,0729	30,1	11,20	12,22	33 24,0718	+0,0019	M.	8,978	11,31	11,58	12,12	11,22	12,21
1610 47 46,7226	26,5			47 46,7233	+0,0007							
2110 6 2 9,3718	24,0	11,25	12,28	6 2 9,3707	-0,0011							
2610 16 32,0196	21,4			16 32,0171	-0,0025							
3110 30 54,6604	19,2	11,24	12,32	30 54,6627	+0,0023							
3610 45 17,3055	17,2			45 17,3078	+0,0023							
4110 59 39,9546	15,5	11,27	12,39	59 39,9524	-0,0022							

Gemessene Länge $F=0,8098$
 Temperatur von $F=11^{\circ},48$ +0,0621
 Toise, Temperatur = $11^{\circ},90$ 863,9564
 Länge des Pendels . . . = $F+863,2087$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72528446 Uhrz = 1'', 7210884 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305¹/₇ 7433 + 2,9621 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1982 - 0,0005 ϵ - 0,1982 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
 — auf F - 863,2087
 Resultat des Versuchs $F=442,5759$ + 2,9616 ϵ - 0,1982 k

5^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
 = 14,97 L.

Vergleichungen der beiden Uhren		<i>R</i>		<i>P</i>	
		h	'	h	'
1	Mai 30	4	10 0	3	44 55
2		5	8 30	4	43 24
3		6	6 30	5	41 23
4		9	1 0	8	35 50
5		9	58 30	9	33 19
6		10	57 0	10	41 48
7		0	42 30	0	17 4
8		1	40 0	1	14 33
9		3	39 30	3	14 1
10	31	4	38 0	4	12 30
11		5	34 30	5	8 59
12		7	33 30	7	7 57
13		9	32 30	9	6 55
14		10	31 30	10	5 51
15		11	30 0	11	4 23
16	Juni 1	4	57 30	4	31 35
17		5	55 30	5	29 34
18		7	50 30	7	24 32
19		8	47 30	8	21 34
20		9	44 30	9	18 30
21		10	42 0	10	25 59
22	2	5	43 30	5	17 13
23		6	40 0	6	13 42
24		9	30 30	9	4 10
25		10	26 30	10	0 9
26		1	41 30	1	14 48
27		2	37 30	2	10 47
28		3	34 30	3	7 46
29		4	31 0	4	4 15
30	3	5	27 30	5	0 44

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr <i>R</i>								
		St. Z.	Verbesserung					
		h	'	h	'			
Mai 29		8	22	+51,266				
29		2	10	+51,773	Mai 29	17	31	+ 0,665
31		9	20	+52,632	30	18	0	+ 0,671
Juni 1		4	48	+52,945	31	19	4	+ 0,386
2		7	0	+53,514	Juni 1	17	51	+ 0,521
3		9	48	+54,177	2	20	21	+ 0,594
4		7	27	+54,673	3	20	38	+ 0,550

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch	St. Z.	<i>k</i>	<i>s</i>	1 Schlag von <i>P</i>			
		h	'	h	'		
V. a.	Mai 30	7	47	58	5,0	+ 0,668	0,9975635
V. b.	30	2	51	59	3,0	+ 0,571	0,9975577
V. c.	31	8	33	59	3,9	+ 0,507	0,9975569
V. d.	Juni 1	7	52	57	22,0	+ 0,462	0,9975647
V. e.	2	8	11	56	39,7	+ 0,560	0,9975695
V. f.	2	3	31	56	33,0	+ 0,581	0,9975703

Zeit in welcher <i>P</i> gegen <i>R</i> einen Schlag verliert.				
		h	'	''
1 bis 6	Mai 30	7	35	58 6,1
2 - 6	30	7	59	58 4,0
7 - 10	30	2	41	59 3,0
10 - 15	31	8	2	59 3,8
16 - 21	Juni 1	7	48	57 22,0
22 - 25	2	8	6	56 39,7
26 - 30	2	3	31	56 33,0

Versuch V. a. 1826 Mai 30. 7^h 47' Stz. Barometer 336,52 L. + 21°, 3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	6 20 45 ^{''}	528	6 35 36 ^{''}	1016	6 49 38 ^{''}	1504	7 3 40 ^{''}	2021	7 18 32 ^{''}
40	21 31	568	36 45	1056	50 47	1544	4 49	2061	19 41
91	23 2	579	37 4	1107	52 15	1584	5 58	2072	20 0
112	24 30	619	38 13	1158	53 43	1635	7 26	2112	21 9
182	25 39	670	39 41	1209	55 11	1686	8 54	2123	21 28
193	25 58	721	41 9	1249	56 20	1726	10 3	2163	22 37
108	6 23 31 ¹ / ₃	611 ¹ / ₆	6 38 4 ² / ₃	1132 ¹ / ₂	6 52 59	1613 ¹ / ₆	7 6 48 ¹ / ₃	2092	7 20 31,5
2549	7 33 43 ^{''}	2986	7 46 17 ^{''}	3503	8 1 9 ^{''}	4031	8 16 20 ^{''}		
2560	34 2	3026	47 26	3514	1 28	4042	16 39		
2589	34 52	3077	48 54	3551	2 37	4053	16 58		
2600	35 11	3117	50 3	3565	2 56	4082	17 48		
2611	35 30	3168	51 31	3605	4 5	4093	18 7		
2640	36 20	3179	51 50	3656	5 33	4122	18 57		
2651	36 39	3219	52 59	3667	5 52	4133	19 16		
2691	37 48	3270	54 27	3707	7 1	4144	19 35		
						4184	20 44		
						4224	21 53		
2611 ³ / ₈	7 35 30 ⁵ / ₈	3130 ¹ / ₄	7 50 25 ⁷ / ₈	3596 ³ / ₈	8 3 50 ¹ / ₈	4110,8	8 18 37,7		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72537118	Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	u	l'	l''			Schraube des Fühtheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
110 6 23 34,7841	41,6	18,90	20,26	6 23 34,7823	-0,0018	A. 8,890	18,92	19,40	20,02	18,88	20,21
610 37 57,4776	36,6			37 57,4802	+0,0026	E. 8,888	18,97	19,50	20,22	18,96	20,45
1110 52 20,1788	32,3	18,93	20,37	52 20,1756	-0,0032	M. 8,889	18,945	19,45	20,12	18,92	20,33
1610 7 6 42,8696	28,6			7 6 42,8690	-0,0006						
2110 21 5,5569	25,5	18,94	20,43	21 5,5608	+0,0039						
2610 35 28,2526	22,7			35 28,2516	-0,0010						
3110 49 50,9360	20,3	18,96	20,45	49 50,9411	+0,0051						
3610 8 4 13,6334	18,1			8 4 13,6300	-0,0034						
4110 18 36,3197	16,3	18,96	20,45	18 36,3184	-0,0013						
						Gemessene Länge		F=0,8018			
						Temperatur von F=19°, 27		+0,1043			
						Toise, Temperatur=19, 85		864,0347			
						Elasticität des Fadens . . .		+0,0042			
						Länge des Pendels . . =F+863,3414					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72537118 Uhrz. = 1'', 7211673 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305¹/₈ 8630 + 2,9624 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1925 - 0,0005 ε - 0,1925 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2396
 — auf F. - 863,3414
 Resultat des Versuchs F = 442,5687 + 2,9619 ε - 0,1925 k

Versuch V. b. 1826 Mai 30. 2^h 51' Stz. Barometer 336,38 L. + 19°,7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 23 56	488	h' 1 37 58	1005	h' 1 52 50	1193	h' 2 6 52	2010	h' 2 21 41
51	25 24	528	39 7	1016	53 9	1533	8 1	2021	22 3
91	26 33	579	40 35	1056	54 18	1541	8 20	2061	23 12
102	26 52	630	42 3	1067	54 37	1584	9 29	2072	23 31
142	28 1	670	43 12	1107	55 46	1595	9 48	2123	24 59
193	29 29	681	43 31	1185	57 14	1635	10 57	2163	26 8
				1198	58 23	1675	12 6	2203	27 17
				1209	58 42			2214	27 36
96 $\frac{1}{2}$	1 26 42,5	596	1 41 4 $\frac{1}{4}$	1102	1 55 37 $\frac{3}{8}$	1579 $\frac{6}{7}$	2 9 21 $\frac{6}{7}$	2108 $\frac{3}{8}$	2 21 33 $\frac{3}{4}$
2498	h' 2 35 46	2986	h' 2 49 48	3503	h' 3 4 40	3980	h' 3 18 23		
2538	36 55	3026	50 57	3514	4 59	3991	18 42		
2549	37 14	3037	51 16	3554	6 8	4031	19 51		
2589	38 23	3077	52 25	3594	7 17	4012	20 10		
2600	38 42	3117	53 31	3605	7 36	4071	21 0		
2610	39 51	3128	53 53	3616	7 55	4082	21 19		
2651	40 10	3168	55 2	3656	9 4	4093	21 38		
2691	41 19	3208	56 11	3696	10 13	4133	22 17		
						4162	23 37		
						4173	23 56		
2594 $\frac{1}{2}$	2 38 32,5	3093 $\frac{3}{8}$	2 52 53 $\frac{1}{4}$	3592 $\frac{1}{4}$	3 7 11	4075,8	3 21 8,3		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72536758	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	u	l'	l''			Schraube des Füllheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
100 h' 1 26 48,5388	39,4	18,43	19,84	1 26 48,5365	-0,0023	A.	8,953	18,54	19,01	19,67	18,43	19,83
600 h' 41 11,2318	31,5			41 11,2315	-0,0033	E.	8,981	18,54	19,11	19,82	18,43	19,81
1100 h' 55 33,9242	30,4	18,43	19,93	55 33,9241	-0,0001	M.	8,967	18,54	19,06	19,745	18,43	19,82
1600 h' 2 9 56,6113	27,1			2 9 56,6119	+0,0036							
2100 h' 24 19,2999	24,1	18,43	19,95	24 19,3011	+0,0045							
2600 h' 38 11,9896	21,6			38 11,9928	+0,0032							
3100 h' 53 4,6807	19,4	18,43	19,95	53 4,6804	-0,0003							
3600 h' 3 7 27,3717	17,3			3 7 27,3672	-0,0015							
4100 h' 21 50,0543	15,6	18,43	19,84	21 50,0533	-0,0010							
						Gemessene Länge	F	-0,8088				
						Temperatur von F = 18°,88		+0,1022				
						Toise, Temperatur = 19,46		864,0308				
						Elasticität des Fadens		+0,0042				
						Länge des Pendels	F	+863,3284				

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72536758 Uhrz. = 1'',7211537 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,8423 + 2,9623 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1928 - 0,0005 ε - 0,1928 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2396
 — auf F - 863,3284
 Resultat des Versuchs F = 442,5607 + 2,9618 ε - 0,1928 k

Versuch V. c. 1826 Mai 31. s^h 33' Stz. Barometer 336,61 L. + 20°,0 C.

Beobachtete Coincidenzen	Schwingungswerte und Temperatur			Rechnung 1'',00361518	Fehler	
	μ	l'	l''			
0	7 20 7,5	12,8	18,32	18,75	7 20 7,5012	+ 0,0012
552	29 21,5	12,0			29 21,5032	+ 0,0032
1103	38 31,5	11,3	18,37	18,75	31 34,5011	+ 0,0011
1654	47 47,5	10,7			47 47,4983	- 0,0017
2206	57 1,5	10,2	18,32	18,75	57 1,4986	- 0,0014
2757	8 6 14,5	9,7			8 6 14,4947	- 0,0053
3310	15 29,5	9,1	18,32	18,75	15 29,4976	- 0,0024
3863	24 44,5	8,6			24 44,5001	+ 0,0001
4416	33 59,5	8,1	18,32	18,75	33 59,5022	+ 0,0022
4968	43 13,5	7,7			43 13,5005	+ 0,0005
5521	52 28,5	7,2	18,29	18,75	52 28,5020	+ 0,0020

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
		R	o	o	o	o
Anfang.	9,123	18,49	18,82	19,18	18,32	18,75
Ende ...	9,107	18,39	18,77	19,03	18,29	18,73
Mittel ..	9,115	18,41	18,795	19,105	18,305	18,74

Gemessene Länge	$F = 0,8219$
Temperatur von $F = 18^\circ,67$	+ 0,1011
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F = 0,7194$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00361518 Uhrz.	= 1'',0011633 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,8362 + 1,0023 ϵ
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0653 - 0,0001 ϵ - 0,0653 k
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0393
— auf F	+ 0,7194
Resultat des Versuchs	$F = 442,4510 + 1,0022 \epsilon - 0,0653 k$

Versuch V. d. 1826 Juni 1. 7^h 52' Stz. Barometer 337,67 L. + 18°,3 C.

	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1",00361879	Fehler	
	Beobachtete Coincidenzen	u	l'			l''
0	6 39 19,5	12,9	16,66	17,20	6 39 19,4966	- 0,0034
552	48 33,5	12,1			48 33,5006	+ 0,0006
1103	57 46,5	11,4	16,66	17,22	57 46,5004	+ 0,0004
1654	7 6 59,5	10,8			7 6 59,4995	- 0,0005
2206	16 13,5	10,3	16,69	17,25	16 13,5017	+ 0,0017
2757	25 26,5	9,8			25 26,5000	0,0000
3310	34 11,5	9,2	16,71	17,30	34 11,5052	+ 0,0052
3861	43 54,5	8,8			43 54,5027	+ 0,0027
4411	53 6,5	8,2	16,69	17,30	53 6,4963	- 0,0037
4963	8 2 20,5	7,8			8 2 20,4966	- 0,0034
5516	11 35,5	7,4	16,71	17,30	11 35,5004	+ 0,0004

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	Schwingungsweite				
		e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang.	R 9,009	16,84	17,21	17,69	16,60	17,14
Ende ...	8,983	16,84	17,26	17,84	16,71	17,33
Mittel ..	8,996	16,84	17,235	17,765	16,655	17,235

Gemessene Länge	.....	F - 0,8114
Temperatur von F = 17°, 10	.....	+ 0,0926
Elasticität des Fadens	.....	+ 0,0014
Länge des Pendels	.....	= F - 0,7174

Beobachtete Schwingungszeit	= 1", 00361879 Uhrz.	.....	= 1", 0011747 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	.....	441,8462	+ 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum	.....	- 0,0659	- 0,0001 ε - 0,0659 k
— auf das zusammengesetzte Pendel	.....	- 0,0393	
— auf F	.....	+ 0,7174	
Resultat des Versuchs	.....	F = 442,4584	+ 1,0022 ε - 0,0659 k

Versuch V. e. 1826 Juni 2. s^b 11' Stz. Barometer 338,19 L. + 18°,7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	517	h' ' "	983	h' ' "	1511	h' ' "	1988	h' ' "
40	6 43 34	557	6 58 26	994	7 11 50	1562	7 27 1	2039	7 40 44
80	44 43	568	59 35	1034	12 9	1602	28 29	2079	42 12
91	45 52	608	59 54	1045	13 18	1613	29 38	2090	43 21
137	46 11	659	7 1 3	1085	13 37	1653	29 57	2130	43 40
182	47 20	710	2 31	1136	14 46	1664	31 6	2181	44 49
	48 48		3 59	1176	16 14	1704	31 25		46 17
				1187	17,23		32 34		
				1187	17,42				
87 $\frac{1}{3}$	6 16 4 $\frac{2}{3}$	603 $\frac{1}{6}$	7 0 54 $\frac{2}{3}$	1080	7 14 37 $\frac{3}{8}$	1615 $\frac{4}{7}$	7 30 1 $\frac{3}{7}$	2084 $\frac{1}{2}$	7 43 30,5

2505	h' ' "	2982	h' ' "	3510	h' ' "	3987	h' ' "
2516	7 55 36	2993	8 9 19	3539	8 24 30	4016	8 38 13
2556	55 55	3033	9 38	3550	25 20	4027	39 3
2567	57 4	3073	10 47	3561	25 39	4038	39 22
2607	57 23	3084	11 56	3590	25 58	4067	39 41
2617	58 32	3124	12 15	3601	26 48	4078	40 31
2617	59 41	3124	12 15	3601	27 7	4078	40 50
2658	8 0 0	3135	13 24	3641	28 16	4107	41 40
2698	1 9	3175	13 43	3652	28 35	4118	41 59
		3186	14 52	3692	29 44	4129	42 18
		3220	15 11	3703	29 44	4169	42 18
			16 20		30 3		43 27
2594 $\frac{1}{4}$	7 58 10	3101,1	8 12 38,5	3603,9	8 27 12	4073,6	8 40 42,4

Reducirte Mittel der Feohb.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72534664	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l''			Schraube des Fuhrhub.	e'	e''	e'''	l'	l''		
	h' ' "	o	o				R	o	o	o	o	o	
100	6 46 26,5212	39,4	16,61	17,74	6 46 26,5186	-0,0026	A.	8,891	16,69	17,06	17,69	16,63	17,74
600	7 0 49,2031	34,4			7 0 49,2029	-0,0002	E.	8,896	16,79	17,16	17,79	16,69	17,74
1100	15 11,8821	30,3	16,66	17,74	15 11,8847	+0,0026	M.	8,8935	16,74	17,11	17,74	16,66	17,74
1600	29 34,5623	26,9			29 34,5647	+0,0024							
2100	43 57,2430	24,0	16,66	17,74	43 57,2433	+0,0003							
2600	58 19,9208	21,5			58 19,9208	0,0000							
3100	8 12 36,6021	19,2	16,66	17,74	8 12 36,5975	-0,0046							
3600	27 5,2711	17,1			27 5,2735	+0,0024							
4100	41 27,9494	15,4	16,66	17,74	41 27,9491	-0,0003							

Gemessene Länge F-0,8022
 Temperatur von F=16,98 +0,0919
 Toise, Temperatur = 17,48 864,0113
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels . . . = F+863,3052

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72534664 Uhrz. = 1'',7211532 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,8416 + 2,9623 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1951 - 0,0005 ε - 0,1950 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2396
 — auf F - 863,3052

Resultat des Versuchs F = 442,5809 + 2,9618 ε - 0,1950 k

Versuch V. f. 1826 Juni 2. 3^h 31' Stz. Barometer 338,90 L. + 18°, 1 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 35"	477	h' 18"	991	h' 10"	1471	h' 53"	1948	h' 36"
40	4 44	517	18 27	1045	33 38	1522	47 21	1988	3 0 45
51	5 3	579	20 14	1085	34 47	1562	48 30	1999	1 4
91	6 12	619	21 23	1096	35 6	1613	49 58	2039	2 13
142	7 40	659	22 32	1136	36 15	1653	51 7	2050	2 32
		710	24 0	1187	37 43	1664	51 26	2090	3 41
								2272	8 55
64 $\frac{4}{5}$	2 5 26,8	593 $\frac{1}{5}$	2 21 39	1090 $\frac{1}{2}$	2 34 56,5	1580 $\frac{5}{6}$	2 49 2,5	2055 $\frac{1}{4}$	3 2 40 $\frac{6}{7}$
	2465	h' 14 28"	2982	h' 29 20"	3459	h' 3 43 3"	3976	h' 3 57 55"	
	2505	15 37	2993	29 39	3470	43 22	3987	58 14	
	2516	15 56	3033	30 48	3510	44 31	4038	59 42	
	2556	17 5	3073	31 57	3550	45 40	4067	4 0 32	
	2567	17 24	3084	32 16	3561	45 59	4078	0 51	
	2607	18 33	3124	33 25	3601	47 8	4118	2 0	
	2658	20 1	3135	33 44	3612	47 27	4129	2 19	
	2698	21 10	3175	34 53	3641	48 17	4140	2 38	
					3652	48 36			
					3692	49 45			
2571 $\frac{1}{2}$	3 17 31 $\frac{3}{4}$	3074 $\frac{1}{8}$	3 32 0 $\frac{1}{4}$	3574,8	3 46 22,8	4066 $\frac{5}{8}$	4 0 31 $\frac{1}{2}$		

Reducirte Mittel der Beob.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72534558		Messung der Länge des Pendels.						
h' "		u	l'	l'''	h' "	Fehler	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
h' "		o	o	o	h' "		R	o	o	o	o	o	
80	2 5 53,0255	38,6	16,64	17,69	2 5 53,0225	-0,0030	A.	8,864	16,74	16,97	17,55	16,66	17,68
580	21 15,7065	33,4			21 15,7055	-0,0021	E.	8,858	16,84	17,16	17,79	16,77	17,84
1080	34 38,3837	29,9	16,64	17,71	34 38,3861	+0,0024	M.	8,861	16,79	17,065	17,67	16,715	17,76
1580	49 1,0622	26,7			49 1,0650	+0,0028							
2080	3 3 23,7446	23,6	16,67	17,74	3 3 23,7428	-0,0018							
2580	17 46,4156	21,4			17 46,4196	+0,0040							
3080	32 9,0925	19,2	16,73	17,80	32 9,0958	+0,0033							
3580	46 31,7719	17,2			46 31,7715	-0,0004							
4080	1 0 53,4517	15,4	16,76	17,83	1 0 53,4466	-0,0051							
							Gemessene Länge F = 0,7993						
							Temperatur von F = 16°, 97 + 0,0919						
							Toise, Temperatur = 17,42 864,0107						
							Elasticität des Fadens + 0,0042						
							Länge des Pendels = F + 863,3075						

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72534558 Uhrz. = 1'',7211535 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305 $\frac{L}{8420}$ + 2,9623 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1954 - 0,0005 ε - 0,1954 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2396
 — auf F - 863,3075

Resultat des Versuchs F = 442,5787 + 2,9618 ε - 0,1954 k

6^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
 $= 14,92 L.$

Vergleichungen der beiden Uhren		R		P	
		h	'	h	'
1	Juni 16	23	41 0	23	40 22
2		0	40 30	0	39 51
3		1	37 0	1	36 20
4		3	31 0	3	30 18
5		4	28 0	4	27 17
6		5	24 30	5	23 16
7		6	20 30	6	19 45
8	17	7	16 30	7	15 44
9		10	8 0	10	7 11
10		11	4 0	11	3 10
11		12	2 0	12	1 9
12		5	19 0	5	17 51
13	18	9	10 0	9	8 47
14		10	8 0	10	6 46
15		12	2 30	12	1 14
16		13	57 0	13	55 42
17		1	33 30	1	32 0
18		2	31 0	2	29 29
19		3	28 0	3	26 28
20		4	25 0	4	23 27
21		5	23 0	5	21 26
22	19	6	22 0	6	20 25
23		7	19 0	7	17 24
24		8	20 0	8	18 23
25		9	20 0	9	18 22
26		11	18 0	11	16 20
27		12	18 30	12	16 49
28	22	6	22 0	6	19 6
29		7	20 0	7	17 5
30		8	18 30	8	15 34
31		9	17 0	9	14 3
32		10	15 0	10	12 2
33		11	14 30	11	11 31
34		12	15 30	12	12 30

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R				Tägliche Veränderung	
St. Z.	Verbesserung				
Juni 15	11 46	+ 2,545	Juni 16	12 40	+ 0,517
17	13 34	+ 3,617	17	2 12	+ 0,393
18	14 49	+ 4,030	19	23 11	+ 0,401
21	7 32	+ 5,110	21	20 58	+ 0,537
22	10 23	+ 5,710	22	21 39	+ 0,649
23	8 42	+ 6,314			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch	St. Z.	t	s	1 Schlag von P
VI. a. Juni 16	2 41	57' 7,4	+ 0,471	0,9975661
VI. b. 17	8 57	57 0,8	+ 0,456	0,9975664
VI. c. 18	9 34	57 33,9	+ 0,394	0,9975629
VI. d. 18	3 59	57 36,0	+ 0,398	0,9975628
VI. e. 19	10 11	59 34,2	+ 0,399	0,9975533
VI. f. 22	9 21	59 47,1	+ 0,593	0,9975592

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.

	St. Z.	h	'	''
1 bis 6	Juni 16	2	34	57 7,5
6 - 11	17	8	12	57 1,1
12 - 16	18	9	34	57 33,9
17 - 22	18	3	57	57 35,3
23 - 27	19	9	53	59 43,6
24 - 27	19	10	19	59 30,0
28 - 34	22	9	17	58 47,1

Versuch VI. a. 1826 Juni 16. $2^h 41'$ Stz. Barometer 334,28 L. + 19,° 4 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "		h' ' "		h' ' "		h' ' "		h' ' "
51	139 20	517	154 12	1034	2 9 1	1522	2 23 6	2039	2 37 58
131	40 48	528	54 31	1045	9 23	1562	24 15	2050	38 17
142	43 6	568	55 40	1085	10 32	1602	25 24	2090	39 26
193	43 25	579	55 59	1096	10 51	1653	26 52	2101	39 45
233	41 53	619	57 8	1136	12 0	1664	27 11	2170	41 44
	46 2	710	59 45	1147	12 19	1701	28 20	2181	42 3
		750	2 0 54	1187	13 28			2221	43 12
								2232	43 31
125	1 12 55 $\frac{2}{3}$	610 $\frac{1}{2}$	1 56 52 $\frac{5}{8}$	1104 $\frac{2}{7}$	2 11 5 $\frac{2}{7}$	1617 $\frac{5}{6}$	2 25 51 $\frac{1}{2}$	2135 $\frac{1}{2}$	2 40 41,5
	2556	2 52 50	3022	3 6 14	3521	3 20 35	4016	3 34 49	
	2567	53 9	3033	6 33	3539	21 6	4027	35 8	
	2607	54 18	3073	7 42	3550	21 25	4056	35 58	
	2618	54 37	3084	8 1	3590	22 34	4067	36 17	
	2658	55 46	3124	9 10	3601	22 53	4078	36 36	
	2709	57 14	3135	9 29	3611	21 2	4107	37 26	
	2738	58 4	3175	10 38	3652	24 21	4118	37 45	
	2749	58 23	3204	11 28	3692	25 30	4158	38 54	
					3703	25 49	4169	39 13	
					3713	26 58	4209	40 22	
	2650 $\frac{1}{4}$	2 55 32 $\frac{5}{8}$	3106 $\frac{1}{4}$	3 8 39 $\frac{3}{8}$	3623,2	3 23 31,3	4100 $\frac{1}{2}$	3 37 14,8	

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung $1'', 72531146$	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	t'	t''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t''		
120	h' ' "			h' ' "		A.	n						
620	1 42 47,0399	39,3	19,00	20,38	1 42 47,0396	-0,0003	9,516	19,36	19,91	20,47	18,99	20,10	
1120	57 9,7213	34,2			57 9,7210	-0,0003	E.	9,437	19,36	19,91	20,66	19,32	20,64
1620	2 11 32,3983	30,0	19,05	20,43	2 11 32,3999	+0,0016	M.	9,4765	19,36	19,91	20,565	19,155	20,37
2120	25 55,0716	26,3			25 55,0771	+0,0055							
2620	40 17,7571	23,2	19,10	20,48	40 17,7528	-0,0043							
3120	54 40,4332	20,5			54 40,1275	-0,0057							
3620	3 9 3,0986	18,3	19,13	20,53	3 9 3,1016	+0,0030							
4120	23 25,7789	16,3			23 35,7753	-0,0036							
	37 48,4443	14,5	19,16	20,61	37 48,4485	+0,0042							

Gemessene Länge $F = 0,8518$
 Temperatur von $F = 19^{\circ}, 74$ $+0,1069$
 Toise, Temperatur $= 20^{\circ}, 31$ $864,0392$
 Elasticität des Fadens $+0,0042$
 Länge des Pendels $= F + 863,2955$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'', 72531146$ Uhrz. $= 1'', 7211122$ MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,8249 + 2,9623 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $- 0,1911 - 0,0005 \epsilon - 0,1911 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel $+ 0,2394$
 — auf F $- 863,2955$

Resultat des Versuchs $F = 442,5776 + 2,9618 \epsilon - 0,1911 k$

Versuch VI. *b.* 1826 Juni 17. s^h 57' Stz. Barometer 335,21 *L.* + 21°, 3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' " 7 55 53	568	h' " 8 12 13	1005	h' " 8 24 47	1511	h' " 8 39 20	1988	h' " 8 53 3
40	57 2	619	13 41	1045	25 56	1522	39 39	2028	54 12
51	57 21	670	15 9	1107	27 43	1562	40 48	2039	54 31
91	58 30	710	16 18	1176	29 42	1573	41 7	2079	55 40
102	58 49	721	16 37	1187	30 1	1613	42 16	2090	55 59
193	8 1 26					1664	43 44	2130	57 8
						1675	44 3	2141	57 27
						1704	44 53	2181	58 36
79 $\frac{1}{2}$	7 58 10 $\frac{1}{6}$	657 $\frac{3}{5}$	8 11 47,6	1104	8 27 37,8	1603	8 41 58 $\frac{3}{4}$	2084 $\frac{1}{2}$	8 55 49,5

2505	9 h' " 7 55	2993	h' " 9 21 57	3499	h' " 9 36 30	3987	h' " 9 50 32
2516	8 14	3033	23 6	3510	36 49	4027	51 41
2556	9 23	3073	24 15	3550	37 58	4067	52 50
2596	10 32	3124	25 43	3561	38 17	4078	53 9
2607	10 51	3164	26 52	3590	39 7	4118	54 18
2647	12 0	3175	27 11	3601	39 26	4129	54 37
2658	12 19			3641	40 35	4158	55 27
2698	13 28			3681	41 41	4169	55 46
						4198	56 36
						4209	56 55
2597 $\frac{2}{3}$	9 10 35 $\frac{1}{4}$	3093 $\frac{2}{3}$	9 24 50 $\frac{2}{3}$	3579 $\frac{1}{3}$	9 38 48 $\frac{1}{4}$	4114	9 54 11,1

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72533894	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	<i>u</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>			Schranke des Fühlheb.	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	
100 h' " 7 58 45,5364	39,9	19,68	20,98	7 58 45,5372	+0,0008	A.	R 9,175	19,80	20,29	20,96	19,65	20,96
600 8 13 8,2198	34,9			8 13 8,2175	-0,0023	E.	9,469	20,05	20,49	21,16	19,98	21,27
1100 27 30,8986	30,9	19,83	21,08	27 30,8955	-0,0031	M.	9,172	19,925	20,39	21,06	19,815	21,115
1600 41 53,5732	27,5			41 53,5720	-0,0012							
2100 56 16,2429	21,4	19,91	21,12	56 16,2472	+0,0043							
2600 9 10 38,9164	21,9			9 10 38,9213	+0,0049							
3100 25 1,5939	19,7	19,94	21,17	25 1,5957	+0,0018							
3600 39 24,2667	17,6			39 24,2676	+0,0009							
4100 53 46,9451	15,8	19,98	21,26	53 46,9400	-0,0051							

Gemessene Länge $F=0,8544$
 Temperatur von $F=20^\circ, 23$ +0,1095
 Toise, Temperatur = $20^\circ, 78$ 864,0438
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels $=F+863,3031$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72533894 Uhrz. = 1'',7211402 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,8219 + 2,9623 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1912 - 0,0005 ϵ - 0,1911 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394
 — auf F - 863,3031
 Resultat des Versuchs $F=442,5670 + 2,9618 \epsilon - 0,1911 k$

Versuch VI. c. 1826 Juni 18. 9^h 31' Stz. Barometer 338,40 L. + 20°, 1 C.

Probachtete Coincidenzen	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00356184	Fehler		
	h	'	''				
0	8	46	24,5	18,96	19,48	8 46 24,5009	+ 0,0009
560	55	46,5	10,3	18,96	19,48	55 46,5013	+ 0,0013
1119	9	5	7,5	18,96	19,48	9 5 7,4974	- 0,0026
1680	14	30,5	9,2	18,96	19,48	14 30,5003	+ 0,0003
2241	23	53,5	8,7	18,96	19,48	23 53,5027	+ 0,0027
2800	33	14,5	8,2	18,96	19,48	33 14,4976	- 0,0024
3361	42	37,5	7,7	18,96	19,48	42 37,4994	- 0,0006
3921	51	59,5	7,2	18,96	19,48	51 59,4971	- 0,0029
4483	10	1	23,5	18,93	19,43	10 1 23,5017	+ 0,0017
5044	10	46,5	6,4	18,93	19,43	10 46,5024	+ 0,0024
5604	20	8,5	6,0	18,93	19,43	20 8,4994	- 0,0006

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	o	o	o	o	o
Anfang.	9,671	18,97	19,41	19,92	18,91	19,51
Ende...	9,661	18,97	19,45	20,02	18,91	19,43
Mittel..	9,666	18,97	19,43	19,97	18,91	19,47

Gemessene Länge = $F - 0,8719$
 Temperatur von $F = 19^{\circ},27$ + $0,1043$
 Elasticität des Fadens + $0,0014$
 Länge des Pendels = $F - 0,7662$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00356184 Uhrz. = 1'',0011161 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. $441,7945$ + $1,0022 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum - $0,0655$ - $0,0001 \epsilon$ - $0,0655 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel - $0,0395$
 — auf F + $0,7662$
 Resultat des Versuchs $F = 442,4557$ + $1,0021 \epsilon$ - $0,0655 k$

Versuch VI. d. 1826 Juni 18. 3^b 59' Stz. Barometer 338,16 L. + 18°,7 C.

Beobachtete Coincidenzen				Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00355190			Fehler
	h	'	''	μ	l'	l''	h	'	''	"
0	3	10	45,5	13,2	17,88	18,44	3	10	45,5021	+ 0,0021
560	20	7,5		12,5			20	7,4995		- 0,0005
1121	29	30,5		11,8	17,91	18,46	29	30,4999		- 0,0001
1682	38	53,5		11,2			38	53,4997		- 0,0003
2243	48	16,5		10,6	17,96	18,52	48	16,4991		- 0,0009
2804	57	29,5		9,9			57	29,4979		- 0,0021
3366	1	7	3,5	9,3	18,02	18,57	1	7	3,4998	- 0,0002
3928	16	27,5		8,8			16	27,5014		+ 0,0014
4489	25	50,5		8,3	18,07	18,65	25	50,4992		- 0,0008
5051	35	14,5		7,85			35	14,5003		+ 0,0003
5613	44	38,5		7,45	18,13	18,70	44	38,5011		+ 0,0011

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang.	R 9,678	18,05	18,47	19,08	17,82	18,41
Ende ...	9,665	18,25	18,62	19,28	18,04	18,70
Mittel ..	9,6715	18,15	18,545	19,18	17,93	18,555

Gemessene Länge	F - 0,8724
Temperatur von F = 18°,41	+ 0,0997
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 0,7713

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00355190 Uhrz. = 1'',0011090 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441,7883 + 1,0022 ε

Reduction auf den leeren Raum

.....	- 0,0657	- 0,0001 ε	- 0,0657 k
-------	----------	------------	------------

..... auf das zusammengesetzte Pendel

.....	- 0,0395
-------	----------

..... auf F

.....	+ 0,7713
-------	----------

Resultat des Versuchs

.....	F = 442,4544	+ 1,0021 ε	- 0,0657 k
-------	--------------	------------	------------

Versuch VI. e. 1826 Juni 19. 10^h 11' Stz. Barometer 338,23 L. + 19°, 7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 9 48	477	9 23 31	954	9 37 14	1471	9 52 6	1988	10 6 58
40	10 57	517	24 40	991	38 23	1511	53 15	2028	8 7
51	11 16	557	25 49	1005	38 42	1522	53 34	2039	8 26
91	12 25	568	26 8	1015	39 51	1562	54 43	2079	9 35
142	13 53	608	27 17	1056	40 10	1573	55 2	2090	9 54
193	15 21	619	27 36	1096	41 19	1613	56 11	2130	11 3
		659	28 15	1136	42 28	1624	56 30		
		670	29 4	1187	43 56				
86 $\frac{1}{8}$	9 12 16 $\frac{2}{8}$	584 $\frac{3}{8}$	9 26 36 $\frac{1}{8}$	1159 $\frac{1}{8}$	9 10 15 $\frac{3}{8}$	1553 $\frac{2}{8}$	9 54 28 $\frac{5}{8}$	2059	10 9 0,5

2465	10 20 41	2982	10 35 33	3459	10 49 16	3965	11 3 49
2476	21 0	3022	36 42	3499	50 25	3976	4 8
2516	22 9	3033	37 1	3510	50 44	4016	5 17
2545	22 59	3073	38 10	3550	51 53	4045	6 7
2556	23 18	3113	39 19	3579	52 43	4056	6 26
2596	24 27	3124	39 38	3601	53 21	4067	6 45
2607	24 46	3164	40 47	3630	54 11	4078	7 4
2647	25 55	3175	41 6	3641	54 30	4107	7 54
						4147	9 3
						4158	9 22
2551	10 23 9 $\frac{3}{8}$	3085 $\frac{3}{8}$	10 38 32	3558 $\frac{2}{8}$	10 52 7 $\frac{7}{8}$	4061 $\frac{1}{2}$	10 6 35,5

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung		Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l'''	$1''$, 72533750			Schraube des Fühlrb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
70	9 11 48,7735	39,6	18,43	19,59	9 11 48,7733	-0,0002	A.	9,582	18,68	19,11	19,67	18,43	19,59
570	26 11,4481	35,0			26 11,4533	+0,0052	E.	9,588	18,78	19,16	19,77	18,57	19,62
1070	40 34,1382	30,9	18,46	19,62	40 34,1307	-0,0075	M.	9,585	18,73	19,135	19,72	18,50	19,605
1570	54 56,8029	27,5			54 56,8064	+0,0035							
2070	10 9 19,4789	24,3	18,49	19,64	10 9 19,4806	+0,0017							
2570	23 42,1567	21,7			23 42,1538	-0,0029							
3070	38 4,8257	19,5	18,51	19,64	38 4,8261	+0,0004							
3570	52 27,5009	17,3			52 27,4978	-0,0031							
4070	11 6 50,1655	15,5	18,54	19,64	11 6 50,1689	+0,0034							

Gemessene Länge $F = 0,8646$
 Temperatur von $F = 19^\circ, 00$ + 0,1028
 Toise, Temperatur = $19^\circ, 48$ 863,0310
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels $= F + 863,2734$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72533750 Uhrz. = 1'', 7211161 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7853 + 2,9622 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1937 - 0,0005 ε - 0,1937 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394
 — auf F - 863,2734

Resultat des Versuchs $F = 442,5576 + 2,9617 \epsilon - 0,1937 k$

Versuch VI. f. 1826 Juni 22. 9^b 21' Stz. Barometer 339,48 L. + 18°,3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' ' 8 17 25	517	h' ' ' 8 32 17	1034	h' ' ' 8 47 9	1500	h' ' ' 9 0 33	2028	h' ' ' 9 15 44
11	17 41	528	32 36	1045	47 28	1511	0 52	2068	16 53
131	21 11	568	33 45	1096	48 56	1551	2 1	2119	18 21
142	21 30	630	35 32	1125	49 46	1562	2 20	2159	19 30
182	22 39	699	37 31	1165	50 55	1602	3 29	2199	20 39
193	22 58	710	37 50	1176	51 14	1642	4 38	2210	20 58
				1227	52 42	1693	6 6		
				1267	53 51	1733	7 15		
109 $\frac{5}{6}$	8 20 34,5	608 $\frac{2}{3}$	8 34 55 $\frac{1}{6}$	1141 $\frac{7}{8}$	8 50 15 $\frac{1}{8}$	1599 $\frac{1}{4}$	9 3 24 $\frac{1}{4}$	2130 $\frac{1}{2}$	9 18 40 $\frac{5}{6}$
	2534	h' ' ' 9 30 17	3000	h' ' ' 9 43 41	3517	h' ' ' 9 58 33	4023	h' ' ' 10 13 6	
	2585	31 45	3011	41 0	3528	58 52	4034	13 25	
	2625	32 54	3091	46 18	3557	59 42	4063	14 15	
	2636	33 13	3102	46 37	3597	10 0 51	4074	14 34	
	2665	34 3	3142	47 46	3608	1 10	4114	15 43	
	2676	34 22	3182	48 55	3648	2 19	4125	16 2	
	2716	35 31	3193	49 14	3659	2 38	4165	17 11	
	2727	35 50	3244	50 42	3699	3 47	4176	17 30	
							4205	18 20	
							4216	18 39	
2645 $\frac{1}{2}$	9 33 29 $\frac{3}{5}$	3120 $\frac{5}{6}$	9 47 9 $\frac{1}{8}$	3601 $\frac{5}{8}$	10 0 59	4119 $\frac{1}{2}$	10 15 52,5		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72531850	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	u	l'	l'''			Schr. des Fühl.	e'	e''	e'''	l'	l'''		
120	h' ' ' 8 20 52,0109	39,0	16,62	17,25	h' ' ' 8 20 52,0163	+0,0054	A.	9,592	16,75	16,87	17,30	16,60	17,22
620	35 14,7204	34,5			35 14,7163	-0,0041	E.	9,566	16,94	17,06	17,45	16,82	17,41
1120	49 37,3834	30,5	16,73	17,34	49 37,3841	+0,0007	M.	9,579	16,845	16,965	17,375	16,71	17,315
1620	9 4 0,0506	27,1			9 4 0,0503	-0,0003							
2120	18 22,7173	24,1	16,79	17,37	18 22,7151	-0,0022							
2620	32 45,3791	21,5			32 45,3790	-0,0001							
3120	47 8,0467	19,3	16,82	17,39	47 8,0420	-0,0047							
3620	10 1 30,7029	17,3			10 1 30,7045	+0,0016							
4120	15 53,3627	15,5	16,82	17,39	15 53,3664	+0,0037							
							Gemessene Länge F=0,8640						
							Temperatur von F=16°,92 +0,0916						
							Toise, Temperatur=17,21 864,0087						
							Elasticität des Fadens +0,0042						
							Länge des Pendels . . =F+863,2405						

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72531850 Uhrz. = 1'',7211074 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,7721 + 2,9621 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,1958 - 0,0005 ε - 0,1957 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394

— auf F - 863,2405

Resultat des Versuchs F = 442,5752 + 2,9616 ε - 0,1957 k

7^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
= 14,91 L.

Vergleichungen der beiden Uhren		R	P
		h ' "	h ' "
1	Juni 24	6 8 30	6 4 47
2		7 5 30	7 1 46
3		8 4 0	8 0 15
4		10 58 30	10 54 42
5		11 57 0	11 53 11
6		12 55 0	12 51 10
7		13 53 0	13 49 9
8	25	5 17 30	5 13 23
9		6 14 30	6 10 22
10		7 12 0	7 7 51
11		8 8 0	8 3 50
12		9 6 0	9 1 49
13		10 2 30	9 58 18
14		10 59 30	10 55 17
15		11 56 30	11 52 16
16		6 1 0	5 56 27
17	26	6 58 0	6 53 26
18		11 42 0	11 37 21
19		12 39 0	12 34 20
20		6 2 0	5 57 2
21	27	6 59 30	6 54 31
22		7 56 0	7 51 0
23		10 48 30	10 43 27
24		11 45 0	11 39 56
25		12 43 0	12 37 55
26		1 11 0	1 5 42
27		2 8 0	2 2 41
28		4 59 0	4 53 38
29		5 56 0	5 50 37
30	28	6 52 30	6 47 6
31		8 45 30	8 40 4
32		11 36 0	11 30 31
33		13 30 0	13 24 29

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R			
St. Z.		Verbesserung	Tägliche Veränderung
h ' "		"	h ' "
Juni 23	8 42	+ 6,314	20 26 + 0,444
24	8 10	+ 6,748	21 19 59 + 0,424
25	7 48	+ 7,165	25 20 11 + 0,722
26	8 33	+ 7,910	26 22 19 + 0,568
27	13 5	+ 8,586	27 21 59 + 0,491
28	6 52	+ 8,950	28 20 17 + 0,812
29	10 41	+ 9,891	

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch	St. Z.	k	s	1 Schlag von P
		h ' "	"	"
VII.a. Juni 24	9 51	58 8,7	+ 0,433	0,9975605
VII.b. 25	8 45	56 59,6	+ 0,581	0,9975680
VII.c. 26	9 24	56 50,3	+ 0,616	0,9975695
VII.d. 27	9 21	57 15,2	+ 0,533	0,9975661
VII.e. 27	3 34	57 0,0	+ 0,565	0,9975678
VII.f. 28	10 12	56 47,6	+ 0,663	0,9975700

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.

	St. Z.	h ' "	"
1 bis 7 Juni 24	9 57	58	8,7
8 - 15 25	8 37	56	59,6
16 - 19 26	9 20	56	50,3
20 - 25 27	9 23	57	15,2
26 - 29 27	3 34	57	0,0
30 - 33 28	10 11	56	47,6

Versuch VII. a. 1826 Juni 24. 9^h 51' Stz. Barometer 338,94 *L.* + 18°₂ *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 8 44 45"	517	h' 8 59 37"	1074	h' 9 15 38"	1540	h' 9 29 4"	2046	h' 9 43 35"
91	47 22	568	9 1 5	1114	16 47	1580	30 11	2057	43 54
102	47 41	608	2 14	1165	18 15	1631	31 39	2097	45 3
112	48 50	659	3 42	1205	19 24	1682	33 7	2137	46 12
182	49 59	699	4 51	1216	19 43	1722	34 16	2148	46 31
233	51 27	790	7 28	1256	20 52	1773	35 44	2188	47 40
								2239	49 8
								2279	50 17
125	8 48 20 $\frac{2}{3}$	640 $\frac{1}{6}$	9 3 9,5	1171 $\frac{2}{3}$	9 18 26,5	1654 $\frac{2}{3}$	9 32 19 $\frac{5}{6}$	2148 $\frac{7}{8}$	9 46 32,5
	2603	9 59 36"	3069	10 13 0"	3535	10 26 24"	4052	10 41 16"	
	2654	10 1 4"	3080	13 19"	3586	27 52"	4063	41 35"	
	2665	1 23"	3120	14 28"	3626	29 1"	4092	42 25"	
	2694	2 13"	3171	15 56"	3637	29 20"	4103	42 44"	
	2705	2 32"	3211	17 5"	3677	30 29"	4143	43 53"	
	2745	3 41"	3262	18 33"	3688	30 48"	4154	44 12"	
					3728	31 57"	4183	45 2"	
					3768	33 6"	4191	45 21"	
							4234	46 30"	
							4245	46 49"	
	2677 $\frac{2}{3}$	10 1 44 $\frac{5}{6}$	3152 $\frac{1}{6}$	10 15 23,5	3655 $\frac{5}{8}$	10 29 52 $\frac{1}{4}$	41 16,3	10 43 58,7	

	Reducirte Mittel der Beob.		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72530916		Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
			μ	t'	t''	t'	t''		Schraube des Fühlheb.					
									R	e'	e''	e'''	t'	t''
150	h' 8 49	2,7997	39,8	16,56	17,33	8 49 2,7957	-0,0040	A.	9,541	16,50	16,68	17,10	16,55	17,33
650	9 3 26,4656	31,8				9 3 26,4609	-0,0053	E.	9,495	16,74	16,92	17,30	16,71	17,41
1160	17 49,1181	30,7	16,62	17,34		17 49,1235	+0,0054	M.	9,518	16,62	16,80	17,20	16,63	17,37
1650	32 11,7818	27,2				32 11,7849	+0,0031							
2150	46 34,4411	24,2	16,67	17,37		46 34,4449	+0,0038							
2650	10 0 57,0994	21,8				10 0 57,1040	+0,0046							
3150	15 19,7618	19,4	16,71	17,40		15 19,7622	+0,0004							
3650	29 42,4201	17,4				29 42,4199	-0,0002							
4150	44 5,0837	15,6	16,71	17,41		44 5,0770	-0,0067							

Gemessene Länge $F=0,8585$
 Temperatur von $F=16^\circ, 71$ +0,0906
 Toise, Temperatur = $17^\circ, 04$ 864,0070
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels $F+863,2433$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72530916 Uhrz = 1'', 7211002 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7612 + 2,9621 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,4955 - 0,0005 ϵ - 0,1954 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2393
 — auf F - 863,2433

Resultat des Versuchs $F=442,5617 + 2,9616 \epsilon - 0,1954 k$

Versuch VII. b. 1826 Juni 25. s^h 45' Stz. Barometer 339,24 L. + 18°,5 C.

Beobachtete Coincidenzen.

2	h' 7 40 27"	570	h' 7 56 47"	1036	h' 8 10 11"	1513	h' 8 23 51"	2030	h' 8 38 46"
53	41 55	581	57 6	1047	10 30	1524	24 13	2070	39 55
93	43 4	621	58 15	1098	11 58	1604	26 31	2110	41 4
114	41 32	661	59 21	1109	12 17	1644	27 40	2121	41 23
184	45 41	672	59 43	1138	13 7	1655	27 59	2161	42 32
195	46 0			1178	14 16	1695	29 8	2172	42 51
								2212	44 0
111 $\frac{3}{6}$	7 43 36,5	621	7 58 15	1101	8 12 3 $\frac{1}{6}$	1605 $\frac{5}{6}$	8 26 34 $\frac{1}{6}$	2125 $\frac{1}{6}$	8 41 30 $\frac{1}{6}$

2507	h' 8 52 29"	3002	h' 9 6 13"	3519	h' 9 21 35"	4025	h' 9 36 8"
2536	53 19	3053	8 11	3559	22 14	4036	36 27
2576	51 28	3061	8 30	3570	23 3	4076	37 36
2587	51 47	3093	9 20	3610	24 12	4087	37 55
2627	55 56	3104	9 39	3621	24 31	4116	38 45
2638	56 15	3144	10 48	3650	25 21	4127	39 4
2678	57 21	3155	11 7	3661	25 40	4167	40 13
2689	57 43	3195	12 6	3701	26 49	4207	41 22
				3741	27 58	4218	41 41
				3752	28 17	4229	42 0
2604 $\frac{3}{4}$	8 55 17 $\frac{5}{8}$	3101 $\frac{1}{4}$	9 9 34 $\frac{1}{4}$	3638,4	9 25 1	4128,8	9 39 7,1

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72531890	Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	u	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
110 7 13 33,3369	38,8	16,66	17,49	7 43 33,3492	+0,0123	A. 9,386	16,69	16,92	17,40	16,66	17,17
610 57 56,0213	31,0			57 56,0188	-0,0025	E. 9,361	16,91	17,21	17,64	16,94	17,87
1110 8 12 18,6947	30,2	16,72	17,58	8 12 18,6861	-0,0086	M. 9,3735	16,815	17,065	17,52	16,80	17,67
1610 26 41,3556	26,9			26 41,3519	-0,0037						
2110 41 4,0164	24,0	16,78	17,67	41 4,0164	0,0000						
2610 55 26,6830	21,4			55 26,6801	-0,0029						
3110 9 9 49,3167	19,2	16,83	17,76	9 9 49,3430	-0,0037						
3610 24 12,0006	17,2			24 12,0056	+0,0050						
4110 38 31,6638	15,4	16,92	17,85	38 31,6678	+0,0040						
Gemessene Länge						F	-0,8455				
Temperatur von F = 16,298							+0,0919				
Toise, Temperatur = 17,33							864,0098				
Elasticität des Fadens							+0,0012				
Länge des Pendels						F	+863,2604				

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72531890 Uhrz. = 1'',7211229 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305 $\frac{L}{7956}$ + 2,9622 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1955 - 0,0005 ε - 0,1955 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2393
 — auf F - 863,2604

Resultat des Versuchs F = 442,5790 + 2,9617 ε - 0,1955 k

Versuch VII. c. 1826 Juni 26. 9^h 24' Stz. Barometer 337,62 L. + 20°,3 C

Beobachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1,00354244	Fehler
		μ	l'	l''		
0	8 32 24,5	13,3	18,05	18,70	8 32 24,5019	+ 0,0019
562	41 48,5	12,5			41 48,4996	- 0,0004
1125	51 13,5	11,8	18,16	18,73	51 13,5005	+ 0,0005
1688	9 0 38,5	11,1			9 0 38,5007	+ 0,0007
2251	10 3,5	10,5	18,21	18,75	10 3,5001	+ 0,0004
2814	19 28,5	9,8			19 28,4996	- 0,0004
3377	28 53,5	9,2	18,29	18,79	28 53,4984	- 0,0016
3940	38 18,5	8,7			38 18,4968	- 0,0032
4504	47 44,5	8,2	18,32	18,83	47 44,4984	- 0,0016
5068	57 10,5	7,7			57 10,4998	- 0,0002
5633	10 6 37,5	7,3	18,32	18,89	10 6 37,5045	+ 0,0045

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	n					
Anfang.	9,724	17,86	18,18	18,78	17,88	18,36
Ende ...	9,753	18,29	18,57	19,23	18,35	18,91
Mittel..	9,7385	18,075	18,375	19,005	18,115	18,635

Gemessene Länge	$F - 0,8784$
Temperatur von $F = 18^\circ,27$	+ 0,0989
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F - 0,7781$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',00354244$ Uhrz.	$= 1'',0011033$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,7832 + 1,0022 ϵ
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0655 - 0,0001 ϵ - 0,0655 k
———— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0395
———— auf F	+ 0,7781
Resultat des Versuchs	$F = 442,4563 + 1,0021 \epsilon - 0,0655 k$

Versuch VII. d. 1826 Juni 27. 9^h 21' Stz. Barometer 337,57 L. + 20°, 3 C.

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00355299			Fehler
	h	'	''	u	l'	l''	h	'	''	
0	8	29	7,5	11,3	18,51	19,13	8	29	7,4977	- 0,0023
562	38	31,5		10,5			38	31,4994		- 0,0006
1124	47	55,5		9,8	18,54	19,16	47	55,5005		+ 0,0005
1686	57	19,5		9,3			57	19,5012		+ 0,0012
2248	9	6 43,5		8,8	18,54	19,18	9	6 43,5015		+ 0,0015
2810	16	7,5		8,3			16	7,5013		+ 0,0013
3372	25	31,5		7,8	18,54	19,26	25	31,5009		+ 0,0009
3934	34	55,5		7,2			34	55,5002		+ 0,0002
4496	44	19,5		6,8	18,57	19,26	44	19,4992		- 0,0008
5058	53	43,5		6,4			53	43,4980		- 0,0020
5621	10	3 8,5		6,1	18,60	19,29	10	3 8,5002		+ 0,0002

Messung der Länge des Pendels.

	Schranke des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R					
Anfang.	9,762	18,63	18,91	19,48	18,51	19,08
Ende ...	9,764	18,73	19,01	19,57	18,60	19,29
Mittel ..	9,763	18,68	18,96	19,525	18,555	19,185

Gemessene Länge	= F - 0,8806
Temperatur von F = 18°, 86	+ 0,1021
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 0,7771

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 00355299 Uhrz.	= 1'', 0011104 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,7895 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0654 - 0,0001 ε - 0,0654 k
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0395
— auf F	+ 0,7771
Resultat des Versuchs	F = 442,4617 + 1,0021 ε - 0,0654 k

Versuch VII. *e.* 1826 Juni 27. 3^h 31' Stz. Barometer 340,39 *L.* + 19°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	477	h' ' "	1023	h' ' "	1500	h' ' "	1977	h' ' "
40	2 29 18	517	2 43 1	1034	2 58 43	1540	3 12 26	2017	3 26 9
51	30 27	557	44 10	1074	59 2	1551	13 35	2068	27 18
91	30 46	568	45 19	1085	3 0 11	1591	13 54	2108	28 46
102	31 55	608	45 38	1125	0 30	1602	15 3	2119	29 55
142	32 14	619	46 47	1136	1 39	1642	15 22	2159	30 14
	33 23	659	47 6		1 58		16 31		31 23
		670	48 15						
		670	48 34						
71	2 31 20,5	584 $\frac{3}{8}$	2 46 6 $\frac{1}{4}$	1079 $\frac{1}{2}$	3 0 20,5	1571	3 14 28,5	2074 $\frac{2}{3}$	3 28 57,5

2483	h' ' "	2960	h' ' "	3466	h' ' "	3972	h' ' "
2494	3 40 42	3000	3 54 25	3506	4 8 58	3983	4 23 31
2534	41 1	3040	55 34	3517	10 7	4023	23 50
2574	42 10	3051	56 43	3528	10 26	4034	24 9
2585	43 19	3091	57 2	3557	10 45	4071	24 59
2625	43 38	3102	58 11	3568	11 35	4085	25 18
2636	44 47	3142	58 30	3608	11 54	4125	26 27
2676	45 6	3153	59 39	3619	13 3	4136	26 46
	46 15		59 58	3659	13 22	4150	27 55
				3670	14 31	4165	28 14
					14 50		29 4
2575 $\frac{7}{8}$	3 43 22 $\frac{1}{4}$	3067 $\frac{3}{8}$	3 57 30 $\frac{1}{4}$	3569,8	4 11 57,1	4059,1	4 26 1,3

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72532280	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l''			Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
70	h' ' "	38,7	17,93	19,31	2 31 18,7719	-0,0028	A. 9,196	18,05	18,42	19,30	17,91	19,29
570	45 41,4484	34,3			45 41,4439	-0,0045	E. 9,503	18,29	18,57	19,15	18,13	19,37
1070	3 0 4,1093	29,9	18,00	19,35	3 0 4,1136	+0,0043	M. 9,4995	18,17	18,495	19,155	18,02	19,33
1570	14 26,7747	26,4			14 26,7814	+0,0067						
2070	28 49,4484	23,5	18,03	19,35	28 49,4479	-0,0005						
2570	43 12,1137	21,1			43 12,1134	-0,0003						
3070	57 34,7790	18,9	18,06	19,37	57 34,7782	-0,0008						
3570	4 11 57,4450	16,8			4 11 57,4424	-0,0026						
1070	26 20,1061	15,2	18,11	19,37	26 20,1062	+0,0001						

Gemessene Länge $F=0,8569$
 Temperatur von $F=18,35$ +0,0995
 Toise, Temperatur = 18,88 864,0251
 Elasticität des Fadens +0,0012
 Länge des Pendels . . = $F+863,2719$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72532280 Uhrz. = 1'',7211265 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,8011 + 2,9622 ϵ

Reduction auf den leeren Raum - 0,1954 - 0,0005 ϵ - 0,1953 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2391

— auf F - 863,2719

Resultat des Versuchs $F=442,5732 + 2,9617 \epsilon - 0,1953 k$

Versuch VII. f. 1826 Juni 28. 10^b 12' Stz. Barometer 340,61 L. + 20°, 7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 ^h 5' 39"	506	9 ^h 20' 12"	1023	9 ^h 35' 4"	1500	9 ^h 48' 47"	2006	10 ^h 3' 20"
40	6 48	517	20 31	1031	35 23	1540	49 56	2017	3 39
80	7 57	568	21 59	1071	36 32	1551	50 15	2068	5 7
91	8 16	608	23 8	1085	36 51	1591	51 21	2079	5 26
182	10 53	648	24 17	1125	38 0	1602	51 43	2108	6 16
222	12 2	659	24 36	1165	39 9	1642	52 52	2148	7 25
		699	25 45	1176	39 28	1682	54 1	2159	7 44
		710	26 4	1216	40 37	1693	54 20	2199	8 53
102 $\frac{1}{2}$	9 8 35 $\frac{3}{4}$	614 $\frac{3}{4}$	9 23 19	1112 $\frac{1}{4}$	9 37 38	1600 $\frac{1}{4}$	9 51 39 $\frac{3}{4}$	2098	10 5 58 $\frac{3}{4}$

2523	10 18 12	3000	10 31 55	3506	10 46 28	3994	11 0 30
2531	18 31	3011	32 11	3517	46 47	4023	1 20
2571	19 40	3040	33 4	3557	47 56	4034	1 39
2585	19 59	3051	33 23	3597	49 5	4063	2 29
2614	20 49	3091	34 32	3608	49 24	4074	2 48
2625	21 8	3131	35 41	3619	49 43	4085	3 7
2665	22 17	3142	36 0	3648	50 33	4125	4 16
2676	22 36	3182	37 9	3659	50 52	4165	5 25
				3699	52 1	4176	5 45
				3710	52 20	4216	6 53
2599 $\frac{1}{2}$	10 20 24	3081	10 34 14 $\frac{3}{4}$	3612	10 49 30,9	4095,5	11 3 25,1

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72532366	Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	u	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
100 9 ^h 8' 31,5200	38,7	18,69	19,87	9 ^h 8' 31,5224	+0,0024	A. 9,483	18,68	19,06	19,67	18,57	19,83
600 22 54,1984	34,1			22 54,1948	-0,0036	E. 9,475	18,88	19,31	19,87	18,91	20,07
1100 37 16,8617	30,0	18,78	19,90	37 16,8648	+0,0001	M. 9,479	18,78	19,185	19,77	18,74	19,95
1600 51 39,5343	26,6			51 39,5331	-0,0012						
2100 10 6 2,2007	23,6	18,82	19,98	10 6 2,2002	-0,0005						
2600 20 24,8627	21,2			20 24,8665	+0,0038						
3100 34 47,5313	19,0	18,84	20,02	34 47,5320	+0,0007						
3600 49 10,1960	16,9			49 10,1969	+0,0009						
4100 11 3 82,8640	15,3	18,87	20,06	11 3 32,8615	-0,0025						
						Gemessene Länge F=0,8550					
						Temperatur von F=19°, 04 +0,1031					
						Toise, Temperatur=19°, 53 864,0315					
						Elasticität des Fadens +0,0042					
						Länge des Pendels . . . =F+863,2838					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72532366 Uhrz. = 1'', 7214311 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,8081 + 2,9622 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,1949 - 0,0005 ε - 0,1949 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394

— auf F - 863,2838

Resultat des Versuchs F = 442,5688 + 2,9617 ε - 0,1949 k

8^{te} Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte
 $= 14,70 L.$

Vergleichungen der beiden Uhren		<i>R</i>		<i>P</i>	
		h	'	h	'
1	Juni 29	6	32 30	6	26 16
2	30	8	26 30	8	20 14
3		11	16 30	10	10 11
4		13	9 30	13	3 9
5		1	33 30	1	26 56
6		2	31 30	2	24 55
7		5	22 0	5	15 22
8		6	18 30	6	11 51
9	Juli 1	2	22 0	2	15 0
10		3	19 30	3	12 29
11		4	17 0	4	9 58
12		5	14 0	5	6 57
13		6	11 0	6	3 56
14	3	6	46 0	6	38 30
15		9	37 30	9	29 57
16		10	34 0	10	26 26
17		13	26 30	13	18 53
18		6	46 0	6	38 5
19	4	8	41 30	8	33 33
20		11	30 0	11	22 0
21		13	23 0	13	14 58
22		3	30 30	3	22 13
23		4	27 30	4	19 12
24	5	7	14 30	7	6 9
25		8	11 0	8	2 38

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr <i>R</i>			
	St. Z.	Verbesserung	Tägliche Veränderung
Juni 29	10 41	+ 9,891	
30	10 23	+ 10,774	Juni 29 22 32 + 0,894
30	6 14	+ 11,558	30 20 19 + 0,948
Juli 2	9 30	+ 12,463	Juli 1 19 52 + 0,797
2	6 19	+ 13,230	2 19 55 + 0,884
4	10 0	+ 14,398	3 20 10 + 1,013
5	9 47	+ 15,253	4 21 54 + 0,863
6	16 24	+ 16,510	5 1 6 + 0,985

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch	St. Z.	<i>k</i>	<i>s</i>	1 Schlag von <i>P</i>	
VIII.a.	Juni 30	9 53	56 42,4	+ 0,922	0,9975734
VIII.b.	30	3 59	56 57,4	+ 0,899	0,9975719
VIII.c.	Juli 1	4 24	57 15,0	+ 0,828	0,9975695
VIII.d.	3	10 10	57 12,0	+ 0,960	0,9975713
VIII.e.	4	10 8	56 37,8	+ 0,932	0,9975739
VIII.f.	4	5 45	56 0,9	+ 0,898	0,9975768

Zeit in welcher <i>P</i> gegen <i>R</i> einen Schlag verliert.		h	'	''
1 bis 4	Juni 30	9	52	56 42,4
5 - 8	30	3	57	56 57,4
9 - 13	Juli 1	4	17	57 15,0
14 - 17	3	10	6	57 12,0
18 - 21	4	10	6	56 37,8
22 - 25	4	5	51	56 0,9

Versuch VIII. a. 1826 Juni 30. 9^h 53' Stz. Barometer 340,29 L. + 22°,3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h ' "	535	h ' "	1008	h ' "	1503	h ' "	1987	h ' "
51	8 45 55	575	9 1 18	1019	9 11 54	1514	9 29 8	1998	9 43 3
91	47 23	586	2 27	1059	15 13	1543	29 27	2038	43 22
131	48 32	626	2 46	1070	16 22	1554	30 17	2078	44 31
142	49 41	666	3 55	1110	16 41	1594	30 36	2118	45 40
182	50 0		5 4	1150	17 50	1631	31 45	2129	46 49
	51 9			1201	18 59	1685	32 54	2169	47 8
					20 27	1725	34 22	2199	48 17
							35 31		
99 $\frac{1}{2}$	8 48 46 $\frac{2}{3}$	597,6	9 3 6	1088 $\frac{1}{7}$	9 17 12 $\frac{2}{7}$	1594	9 31 45	2073 $\frac{6}{7}$	9 45 32 $\frac{6}{7}$

2522	h ' "	3006	h ' "	3490	h ' "	3985	h ' "
2562	9 58 26	3017	10 12 21	3530	10 26 16	4025	10 40 30
2573	59 35	3046	12 40	3541	27 25	4065	41 39
2613	59 54	3057	13 30	3581	27 44	4076	42 48
2653	10 1 3	3086	13 49	3592	28 53	4116	43 7
2693	2 12	3097	14 39	3621	29 12	4145	43 57
2704	3 21	3137	14 58	3632	30 2	4156	44 16
2744	3 40	3177	16 7	3661	30 21	4167	45 6
	4 49	3188	17 16	3672	31 11	4196	45 25
			17 35	3712	31 30		45 44
					32 39		46 34
2633	10 1 37,5	3090 $\frac{1}{9}$	10 14 16 $\frac{1}{9}$	3603,2	10 29 31,3	4103,6	10 43 54,6

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72520350	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''		
100	h ' "			h ' "		R							
100	8 48 47,5293	39,3	19,66	21,13	8 48 47,5247	-0,0046	A.	11,735	19,71	20,19	20,86	19,60	21,12
600	9 3 10,1405	34,7			9 3 10,1367	-0,0038	E.	11,720	20,05	23,14	21,26	20,06	21,64
1100	17 32,7418	30,2	19,81	21,29	17 32,7466	+0,0048	M.	11,7275	19,88	20,315	21,06	19,83	21,38
1600	31 55,3513	27,0			31 55,3548	+0,0035							
2100	46 17,9591	24,1	19,93	21,41	46 17,9619	+0,0028							
2600	10 0 40,5679	21,5			10 0 40,5682	+0,0003							
3100	15 3,1716	19,3	19,98	21,49	15 3,1740	+0,0024							
3600	29 25,7793	17,3			29 25,7791	-0,0002							
4109	43 48,3892	15,5	20,00	21,56	43 48,3839	-0,0053							

Gemessene Länge F = 1,0578
 Temperatur von F = 20°,16 + 0,1091
 Toise, Temperatur = 20,75 864,0435
 Elasticität des Fadens + 0,0012
 Länge des Pendels = F + 863,0990

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72520350 Uhrz. = 1'',7210171 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,6351 + 2,9619 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,1910 - 0,0005 ε - 0,1939 k

— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385

— auf F - 863,0990

Resultat des Versuchs F = 442,5806 + 2,9614 ε - 0,1939 k

Versuch VIII. b. 1826 Juni 30. 3^h 59' Stz. Barometer 341,45 L. + 22°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	535	h' ' "	1008	h' ' "	1503	h' ' "	1987	h' ' "
40	53 29	575	3 7 43	1019	3 21 19	1583	3 35 33	2027	3 49 28
51	53 48	615	8 52	1059	21 38	1594	37 51	2038	50 37
131	56 6	626	10 1	1150	22 47	1634	38 10	2078	50 56
171	57 15	666	10 20	1190	25 24	1725	39 19	2089	52 5
182	57 34		11 29	1201	26 33	1765	41 56	2169	52 24
95 $\frac{5}{6}$	2 55 5 $\frac{1}{3}$	603,4	3 9 41	1104 $\frac{1}{2}$	3 21 5,5	1634	3 39 19	2061 $\frac{2}{3}$	3 51 42

2482	h' ' "	2995	h' ' "	3490	h' ' "	3985	h' ' "
2522	4 3 42	3006	4 18 27	3519	4 32 41	4014	4 46 55
2551	4 51	3046	18 46	3530	33 31	4025	47 45
2562	5 41	3086	19 55	3570	33 50	4065	48 4
2602	6 0	3097	21 4	3581	34 59	4076	49 13
2613	6 0	3137	21 23	3621	35 18	4105	49 32
2653	7 9	3177	22 32	3632	36 27	4116	50 22
2693	7 28	3188	23 41	3661	36 46	4156	50 41
	8 37		24 0	3672	37 36	4196	51 31
	9 46			3701	37 55	4196	51 50
2584 $\frac{1}{3}$	4 6 39 $\frac{1}{4}$	3091 $\frac{1}{2}$	4 21 13,5	3597,7	4 35 46,8	4088,3	4 49 53,2

Reducirte Mittel der Probb.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72520352	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''		
100	h' ' "	o	o	h' ' "	"	A.	R	o	o	o	o	o	o
100	2 55 12,5217	39,2	20,02	21,43	2 55 12,5177	-0,0040	11,789	19,95	20,39	21,16	19,98	21,38	
600	3 9 35,1343	31,2			3 9 35,1302	-0,0041	E.	11,781	20,25	20,68	21,46	20,14	21,67
1100	23 57,7365	30,3	20,05	21,46	23 57,7403	+0,0038	M.	11,785	20,10	20,535	21,31	20,06	21,525
1600	38 20,3427	27,0			38 20,3486	+0,0059							
2100	52 42,9576	23,9	20,09	21,50	52 42,9557	-0,0019							
2600	4 7 5,5595	21,4			4 7 5,5617	+0,0022							
3100	21 28,1643	19,3	20,12	21,57	21 28,1671	+0,0028							
3600	35 50,7680	17,2			35 50,7720	+0,0040							
4100	50 13,3850	15,5	20,15	21,64	50 13,3764	-0,0086							

Gemessene Länge $F = 1,0630$
 Temperatur von $F = 20,38$ $+0,1103$
 Toise, Temperatur = 20,99 $864,0459$
 Elasticität des Fadens $+0,0042$
 Länge des Pendels $= F + 863,0974$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72520352 Uhrz. = 1'',7210146 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,6313 + 2,9619 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1916 - 0,0005 ϵ - 0,1945 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385
 — auf F - 863,0974
 Resultat des Versuchs $F = 442,5778 + 2,9614 \epsilon - 0,1945 k$

Versuch VIII. c. 1826 Juli 1. 4^h 24' Stz. Barometer 340,93 L. + 22°, s C.

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung			Fehler
	h	'	''	μ	l'	l''	h	'	''	
0	3	26	56,5	12,5	20,67	21,51	3	26	56,4998	— 0,0002
600		36	58,5	11,7				36	58,5024	+ 0,0024
1199		46	59,5	10,9	20,70	21,54		46	59,5009	+ 0,0009
1798		57	0,5	10,2				57	0,4987	— 0,0013
2398	4	7	2,5	9,6	20,75	21,59	4	7	2,4992	— 0,0008
2998		17	4,5	9,0				17	4,4994	— 0,0006
3598		27	6,5	8,5	20,81	21,62		27	6,4992	— 0,0008
4198		37	8,5	8,0				37	8,4987	— 0,0013
4798		47	10,5	7,6	20,94	21,67		47	10,4981	— 0,0019
5399		57	13,5	7,2				57	13,5005	+ 0,0005
5999	5	7	15,5	6,8	21,00	21,72	5	7	15,5029	+ 0,0029

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,044	20,78	21,33	22,05	20,64	21,49
Ende ...	12,040	20,98	21,47	22,30	21,00	21,77
Mittel..	12,042	20,88	21,40	22,175	20,82	21,63

Gemessene Länge = $F - 1,0862$
 Temperatur von $F = 21^{\circ},22$ + 0,1149
 Elasticität des Fadens + 0,0014
 Länge des Pendels = $F - 0,9699$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00332730 Uhrz. = 1'',0008887 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441,5938 + 1,0018 ε
 Reduction auf den leeren Raum — 0,0655 — 0,0001 ε — 0,0655 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0403
 — auf F + 0,9699
 Resultat des Versuchs $F = 442,4579 + 1,0017 ε - 0,0655 k$

Versuch VIII. *d.* 1826 Juli 3. 10^b 10' Stz. Barometer 339,77 *L.* + 24°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00332588	Fehler
		<i>u</i>	<i>l'</i>	<i>l''</i>		
0	9 ^h 11 ['] 59,5 ^{''}	11,8	22,40	23,32	9 ^h 11 ['] 59,4957	- 0,0043
601	22 2,5	11,1			22 2,5003	+ 0,0003
1201	32 4,5	10,4	22,46	23,32	32 4,5009	+ 0,0009
1801	42 6,5	9,8			42 6,5010	+ 0,0010
2401	52 8,5	9,2	22,46	23,38	52 8,5007	+ 0,0007
3002	10 2 11,5	8,7			10 2 11,5032	+ 0,0032
3602	12 13,5	8,2	22,46	23,38	12 13,5020	+ 0,0020
4202	22 15,5	7,7			22 15,5005	+ 0,0005
4802	32 17,5	7,3	22,48	23,40	32 17,4986	- 0,0014
5403	42 20,5	6,8			42 20,4998	- 0,0002
6003	52 22,5	6,4	22,51	23,43	52 22,4975	- 0,0025

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l''</i>
	<i>R</i>					
Anfang.	12,069	22,40	23,19	23,88	22,40	23,32
Ende ...	12,067	22,60	23,33	24,03	22,51	23,43
Mittel ..	12,068	22,50	23,26	23,955	22,455	23,375

Gemessene Länge	<i>F</i> - 1,0885
Temperatur von <i>F</i> = 22°,99	+ 0,1244
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= <i>F</i> - 0,9627

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00332588 Uhrz. = 1'',0008891 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels

Reduction auf den leeren Raum

———— auf das zusammengesetzte Pendel

———— auf *F*

Resultat des Versuchs

Versuch VIII. e. 1826 Juli 4. 10^h s' Stz. Barometer 340,52 L. + 23°,9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	9 0 19"	506	9 14 52"	1019	9 29 37"	1514	9 43 51"	2020	9 58 24"
11	0 38	575	16 51	1030	29 56	1525	44 10	2038	58 55
62	2 6	626	18 19	1070	31 5	1565	45 19	2019	59 14
102	3 15	637	18 38	1081	31 24	1576	45 38	2089	10 0 23
131	4 5	688	20 6	1132	32 52	1645	47 37	2100	0 42
182	5 33			1201	31 51	1707	49 24	2140	1 51
								2151	2 10
								2169	2 41
$81 \frac{1}{3}$	9 2 39 $\frac{1}{3}$	606,4	9 17 45,2	$1088 \frac{5}{6}$	9 31 37,5	$1588 \frac{2}{3}$	9 45 59 $\frac{5}{6}$	$2094 \frac{1}{2}$	10 0 32,5

2533	10 13 9"	2977	10 25 55"	3183	10 40 28"	3996	10 55 13"
2544	13 28	2988	26 14	3501	40 59	4007	55 32
2584	14 37	3028	27 23	3552	42 27	4025	56 3
2595	14 56	3039	27 42	3563	42 46	4047	56 41
2613	15 27	3057	28 13	3603	43 55	4058	57 0
2624	15 46	3108	29 41	3614	41 14	4087	57 50
2664	16 55	3119	30 0	3665	45 42	4098	58 9
2675	17 14	3159	31 9	3683	46 13	4127	58 59
		3170	31 28	3694	46 32	4138	59 18
						4189	11 0 46
2604	10 15 11,5	$3071 \frac{2}{3}$	10 28 38 $\frac{1}{3}$	$3595 \frac{1}{3}$	10 43 41 $\frac{7}{9}$	4077,2	10 57 33,1

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung		Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l''	l'' , 72521338			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
90	9 2 54,2852	39,0	21,64	23,13	9 2 54,2848	-0,0004	A.	11,808	21,76	22,36	23,19	21,63	23,11
590	17 16,9063	34,1			17 16,9019	-0,0044	E.	11,775	21,96	22,60	23,34	21,85	23,54
1090	31 39,5128	30,1	21,70	23,22	31 39,5166	+0,0038	M.	11,7915	21,86	22,48	23,265	21,74	23,325
1590	46 2,1336	26,8			46 2,1296	-0,0040							
2090	10 0 24,7365	23,7	21,75	23,31	10 0 24,7414	+0,0049							
2590	14 47,3469	21,3			14 47,3522	+0,0053							
3090	29 9,9624	19,2	21,80	23,40	29 9,9625	+0,0001							
3590	43 32,5766	17,2			43 32,5723	-0,0043							
4090	57 55,1829	15,4	21,85	23,48	57 55,1818	-0,0011							
							Gemessene Länge $F=1,0636$						
							Temperatur von $F=22^\circ,26$ +0,1205						
							Toise, Temperatur= $22^\circ,94$ 864,0648						
							Elasticität des Fadens + 0,0042						
							Länge des Pendels . . . = $F+863,1259$						

Beobachtete Schwingungszeit = l'' , 72521338 Uhrz. = l'' , 7210279 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305 \frac{L}{6515} + 2,9619 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1928 - 0,0005 ϵ - 0,1928 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385
 — auf F - 863,1259

Resultat des Versuchs $F=442,5713 + 2,9614 \epsilon - 0,1928 k$

Versuch VIII. f. 1826 Juli 4. 5^b 45' Stz. Barometer 340,43 L. + 23,° 6 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 436 45"	455	h' 449 50"	979	h' 5 451"	1163	h' 5 18 49"	1958	h' 5 33 3"
11	37 4	495	50 59	990	5 13	1474	19 8	1969	33 22
51	38 13	506	51 18	1030	6 22	1514	20 17	1998	34 12
142	40 50	557	52 46	1070	7 31	1565	21 45	2009	34 31
182	41 59	626	54 45	1161	10 8	1605	22 54	2038	35 21
193	42 18	637	55 4	1201	11 17	1645	24 3	2049	35 40
								2089	36 49
								2169	39 7
96 $\frac{1}{2}$	4 39 31,5	546	4 52 27	1071 $\frac{5}{6}$	5 7 34 $\frac{1}{6}$	1544 $\frac{1}{3}$	5 21 9 $\frac{1}{3}$	2034 $\frac{7}{8}$	5 35 15 $\frac{5}{8}$

2482	h' 5 48 7"	2966	h' 6 2 2"	3161	h' 6 16 16"	3945	h' 6 30 11"
2493	48 26	3006	3 11	3501	17 25	3956	30 30
2522	49 16	3017	3 30	3512	17 44	4025	32 29
2533	49 35	3057	4 39	3541	18 34	4036	32 48
2562	50 25	3068	4 58	3552	18 53	4076	33 57
2573	50 44	3097	5 48	3581	19 43	4087	34 16
2613	51 53	3108	6 7	3592	20 2	4127	35 25
2624	52 12	3148	7 16	3632	21 11	4156	36 15
2664	53 21	3188	8 25	3643	21 30	4167	36 31
		3199	8 44	3683	22 39	4207	37 43
2562 $\frac{8}{9}$	5 50 26 $\frac{5}{9}$	3085,4	6 5 28	3569,8	6 19 23,7	4078,2	6 34 0,8

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72520192	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	
70 h' 4 38 45,7816	39,7	21,56	23,15	4 38 45,7830	+0,0014	A.	11,815	21,67	22,16	23,04	21,52	23,11
570 53 8,4054	34,9			53 8,3961	-0,0093	E.	11,805	22,01	22,55	23,34	21,90	23,54
1070 5 7 31,0038	30,8	21,61	23,24	5 7 31,0068	+0,0030	M.	11,810	21,84	22,355	23,19	21,71	23,325
1570 21 53,6140	27,2			21 53,6158	+0,0018							
2070 36 16,2235	24,3	21,71	23,32	36 16,2236	+0,0001							
2570 50 38,8239	21,7			50 38,8304	+0,0065							
3070 6 5 1,4316	19,4	21,78	23,40	6 5 1,4366	+0,0050							
3570 19 24,0450	17,4			19 24,0422	-0,0028							
4070 33 46,6532	15,6	21,86	23,49	33 46,6476	-0,0056							

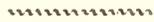
Gemessene Länge $F=1,0653$
 Temperatur von $F=22^{\circ}, 17$ $+0,1200$
 Toise, Temperatur $=22^{\circ}, 85$ $864,0642$
 Elasticität des Fadens $+0,0042$
 Länge des Pendels $=F+863,1231$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72520192 Uhrz. = 1'', 7210244 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,6462 + 2,9619 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,1928 - 0,0005 ϵ - 0,1927 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385
 — auf F - 863,1231
 Resultat des Versuchs $F=442,5688 + 2,9614 \epsilon - 0,1927 k$

II.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und drei verschiedenen
Aufhängungsarten.



Vergleichung der beiden Uhren

		R	P			R	P																																																																												
1	März 30	20 ^h 15' 43"	20 ^h 15' 43"	51	April 8	22 ^h 43' 0"	22 ^h 40' 0"																																																																												
2		21 8 0	21 8 42	52		23 34 30	23 31 29																																																																												
3		22 0 30	22 1 11	53		0 26 0	0 23 58																																																																												
4		23 45 0	23 45 39	54		1 18 30	1 15 27																																																																												
5		0 38 0	0 38 38	55	9	3 2 0	2 58 55																																																																												
6	April 1	1 30 0	1 30 37	56		3 53 30	3 50 24																																																																												
7		2 22 30	2 23 6	57		5 40 30	5 37 22																																																																												
8		20 47 30	20 47 45	58		20 42 30	20 39 5																																																																												
9		21 41 0	21 41 14	59		21 36 0	21 32 34																																																																												
10		0 18 30	0 18 41	60		23 22 0	23 18 32																																																																												
11	2	1 10 30	1 10 40	61		0 15 0	0 11 31																																																																												
12		2 57 0	2 57 8	62	10	20 21 0	20 17 8																																																																												
13		3 49 0	3 49 7	63		21 13 30	21 9 37																																																																												
14		4 42 0	4 42 6	64		23 51 0	23 47 4																																																																												
15		6 26 0	6 26 4	65		0 43 0	0 39 3																																																																												
16		20 30 0	20 29 48	66	11	1 35 0	1 31 2																																																																												
17		21 23 0	21 22 47	67		2 28 0	2 24 1																																																																												
18		22 15 0	22 11 46	68		5 2 30	4 58 28																																																																												
19		23 7 30	23 7 15	69		7 38 30	7 34 25																																																																												
20		0 0 30	0 0 14	70		8 29 30	8 25 24																																																																												
21		0 53 0	0 52 43	71		19 54 0	19 49 41																																																																												
22	3	1 46 0	1 45 42	72		20 49 0	20 44 40																																																																												
23		2 38 0	2 37 41	73		21 42 30	21 38 9																																																																												
24		3 29 30	3 29 10	74		23 28 0	23 23 37																																																																												
25		4 21 30	4 21 9	75		0 20 0	0 15 36																																																																												
26		5 15 0	5 14 38	76		1 13 0	1 8 35																																																																												
27		19 12 0	19 11 22	<p style="text-align: center;">Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>R</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 bis 5</td> <td>Marz 31</td> <td>22^h 29'</td> <td>52' 31",4</td> </tr> <tr> <td>4 - 7</td> <td>April 1</td> <td>1 4</td> <td>52 21,0</td> </tr> <tr> <td>8 - 11</td> <td></td> <td>23 0</td> <td>52 29,1</td> </tr> <tr> <td>11 - 15</td> <td>2</td> <td>3 49</td> <td>52 34,5</td> </tr> <tr> <td>16 - 21</td> <td></td> <td>22 41</td> <td>52 30,3</td> </tr> <tr> <td>20 - 26</td> <td>3</td> <td>2 38</td> <td>52 17,1</td> </tr> <tr> <td>27 - 30</td> <td></td> <td>21 23</td> <td>52 35,3</td> </tr> <tr> <td>31 - 34</td> <td>4</td> <td>3 55</td> <td>52 5,8</td> </tr> <tr> <td>35 - 38</td> <td></td> <td>22 39</td> <td>52 14,1</td> </tr> <tr> <td>37 - 41</td> <td>5</td> <td>3 25</td> <td>51 33,6</td> </tr> <tr> <td>42 - 45</td> <td></td> <td>22 58</td> <td>52 0,9</td> </tr> <tr> <td>44 - 48</td> <td>6</td> <td>3 43</td> <td>51 43,2</td> </tr> <tr> <td>49 - 54</td> <td>8</td> <td>23 9</td> <td>52 0,9</td> </tr> <tr> <td>54 - 57</td> <td>9</td> <td>3 28</td> <td>52 21,9</td> </tr> <tr> <td>58 - 61</td> <td></td> <td>22 29</td> <td>53 6,0</td> </tr> <tr> <td>62 - 65</td> <td>10</td> <td>22 32</td> <td>52 25,6</td> </tr> <tr> <td>66 - 70</td> <td>11</td> <td>5 3</td> <td>51 47,4</td> </tr> <tr> <td>71 - 76</td> <td></td> <td>22 35</td> <td>53 1,1</td> </tr> </tbody> </table>						R	P	1 bis 5	Marz 31	22 ^h 29'	52' 31",4	4 - 7	April 1	1 4	52 21,0	8 - 11		23 0	52 29,1	11 - 15	2	3 49	52 34,5	16 - 21		22 41	52 30,3	20 - 26	3	2 38	52 17,1	27 - 30		21 23	52 35,3	31 - 34	4	3 55	52 5,8	35 - 38		22 39	52 14,1	37 - 41	5	3 25	51 33,6	42 - 45		22 58	52 0,9	44 - 48	6	3 43	51 43,2	49 - 54	8	23 9	52 0,9	54 - 57	9	3 28	52 21,9	58 - 61		22 29	53 6,0	62 - 65	10	22 32	52 25,6	66 - 70	11	5 3	51 47,4	71 - 76		22 35	53 1,1
		R	P																																																																																
1 bis 5	Marz 31	22 ^h 29'	52' 31",4																																																																																
4 - 7	April 1	1 4	52 21,0																																																																																
8 - 11		23 0	52 29,1																																																																																
11 - 15	2	3 49	52 34,5																																																																																
16 - 21		22 41	52 30,3																																																																																
20 - 26	3	2 38	52 17,1																																																																																
27 - 30		21 23	52 35,3																																																																																
31 - 34	4	3 55	52 5,8																																																																																
35 - 38		22 39	52 14,1																																																																																
37 - 41	5	3 25	51 33,6																																																																																
42 - 45		22 58	52 0,9																																																																																
44 - 48	6	3 43	51 43,2																																																																																
49 - 54	8	23 9	52 0,9																																																																																
54 - 57	9	3 28	52 21,9																																																																																
58 - 61		22 29	53 6,0																																																																																
62 - 65	10	22 32	52 25,6																																																																																
66 - 70	11	5 3	51 47,4																																																																																
71 - 76		22 35	53 1,1																																																																																
28		20 4 0	20 3 21																																																																																
29		22 42 30	22 41 48																																																																																
30		23 34 30	23 33 47																																																																																
31	4	1 18 30	1 17 45																																																																																
32		2 11 0	2 10 14																																																																																
33		5 39 30	5 38 40																																																																																
34		6 31 0	6 30 9																																																																																
35		20 27 30	20 26 23																																																																																
36		21 21 30	21 20 22																																																																																
37		23 56 0	23 54 49																																																																																
38		0 50 0	0 48 48																																																																																
39	5	3 25 0	3 23 45																																																																																
40		5 58 0	5 56 42																																																																																
41		6 49 30	6 48 11																																																																																
42		20 46 30	20 44 55																																																																																
43		21 39 30	21 37 54																																																																																
44		0 15 30	0 13 51																																																																																
45		1 7 0	1 5 20																																																																																
46	6	3 42 30	3 40 47																																																																																
47		6 17 0	6 15 14																																																																																
48		7 9 30	7 7 43																																																																																
49	8	20 58 0	20 55 2																																																																																
50		21 50 30	21 47 31																																																																																

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.		Verbesserung			St. Z.		Tägliche Veränderung	
	h	'	"	"		h	'	"	"
März 30	12	13	—	3,450	März 30	0	13	+	0,303
31	12	13	—	3,147	April 2	21	22	+	0,380
April 5	6	30	—	1,335	5	19	28	+	0,508
6	8	26	—	0,786	7	9	58	+	0,558
8	11	29	+	0,400	8	21	49	+	0,632
9	8	9	+	0,944	9	20	49	+	0,714
10	9	28	+	1,696	10	21	26	+	0,552
11	9	23	+	2,246	11	19	30	+	0,679
12	5	37	+	2,818	12	18	30	+	0,558
13	7	22	+	3,417					

Hieraus und aus den Vergleichen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	<i>k</i>	<i>s</i>	1 Schlag von <i>P</i>
		h	'	"	"
IX. a.	März 31	22	10	52 32,7	+ 0,327 0,9975898
X. a.	April 1	0	56	52 21,5	+ 0,330 0,9975909
XI. a.	1	22	56	52 29,1	+ 0,355 0,9975901
IX. b.	2	3	54	52 34,5	+ 0,361 0,9975900
X. b.	2	22	31	52 30,3	+ 0,382 0,9975906
XI. b.	3	2	47	52 17,1	+ 0,390 0,9975921
IX. c.	3	21	24	52 35,3	+ 0,424 0,9975906
X. c.	4	3	59	52 5,8	+ 0,437 0,9975938
XI. c.	4	22	41	52 14,1	+ 0,470 0,9975933
IX. d.	5	3	27	51 33,6	+ 0,480 0,9975976
X. d.	5	23	0	52 0,9	+ 0,512 0,9975951
XI. d.	6	3	39	51 43,2	+ 0,519 0,9975970
IX. e.	8	23	12	52 0,9	+ 0,637 0,9975966
X. e.	9	3	37	52 21,9	+ 0,653 0,9975946
XI. e.	9	22	29	53 6,0	+ 0,703 0,9975908
IX. f.	10	22	31	52 25,6	+ 0,558 0,9975931
X. f.	11	5	3	51 47,4	+ 0,596 0,9975975
XI. f.	11	22	34	53 1,1	+ 0,663 0,9975908

Versuch IX. a. 1827 März 31. 22^h 10' Stz. Barometer 334,76 L. + 3^o,9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

36	21 ^h 11 41''	505	21 ^h 25 10''	974	21 ^h 38 39''	1494	21 ^h 53 36''	2032	22 ^h 9 4''
65	12 31	574	27 9	1003	39 29	1523	51 26	2043	9 23
94	13 21	585	27 28	1014	39 48	1531	54 45	2072	10 13
134	14 30	614	28 18	1054	40 57	1563	55 35	2083	10 32
174	15 39	654	29 27	1083	41 47	1603	56 41	2101	11 3
203	16 29	694	30 36	1091	42 6	1643	57 53	2112	11 22
				1134	43 15	1683	59 2	2152	12 31
				1163	41 5			2181	13 21
117 $\frac{2}{3}$	21 14 1 $\frac{5}{n}$	601 $\frac{1}{3}$	21 28 1 $\frac{1}{3}$	1061 $\frac{1}{6}$	21 41 15 $\frac{3}{4}$	1577 $\frac{4}{7}$	21 56 0 $\frac{1}{2}$	2097	22 10 56 $\frac{1}{8}$

2501	22 22 33	2981	22 36 21''	3501	22 51 18''	3981	23 ^h 5 6''
2512	22 52	2992	36 40	3541	52 27	3999	5 37
2541	23 42	3021	37 30	3570	53 17	4050	7 5
2552	24 1	3032	37 49	3581	53 36	4061	7 21
2581	24 51	3061	38 39	3621	54 45	4090	8 14
2592	25 10	3072	38 58	3650	55 35	4101	8 23
2621	26 0	3101	39 48	3661	55 54	4130	9 23
2632	26 19	3112	40 7	3701	57 3	4141	9 42
		3141	40 57			4159	10 13
		3181	42 6			4170	10 32
2566 $\frac{1}{2}$	22 24 26	3069 $\frac{2}{5}$	22 38 53 $\frac{1}{2}$	3603 $\frac{1}{4}$	22 54 14 $\frac{3}{6}$	4088 $\frac{1}{5}$	23 8 10,9

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72496084	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''		
80	21 12 56,9594	40,4	3,83	3,91	21 12 56,9593	-0,0001	A.	13,520	3,92	3,94	4,13	3,83	3,91
580	27 19,3595	35,0			27 19,3511	-0,0084	E.	13,516	4,01	3,99	4,08	3,86	4,12
1080	41 41,8399	31,1	3,86	3,99	41 41,8403	+0,0004	M.	13,518	3,965	3,965	4,105	3,845	4,015
1580	56 4,3321	27,4			56 4,3277	-0,0044							
2080	22 10 26,8009	24,6	3,86	4,00	22 10 26,8136	+0,0127							
2580	24 49,2868	22,1			24 49,2986	+0,0118							
3080	39 11,7845	19,6	3,86	4,03	39 11,7826	-0,0019							
3580	53 34,2699	17,6			53 34,2660	-0,0039							
4080	23 7 56,7554	16,0	3,86	4,12	23 7 56,7489	-0,0065							
						Gemessene Länge	$F=$	1,2193					
						Temperatur von $F=$	$3^{\circ},97$	$+$	0,0215				
						Toise, Temperatur =	$1^{\circ},05$		863,8791				
						Elasticität des Fadens	$+$	0,0042					
						Länge des Pendels ..	$=F+$	862,6855					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72496084 Uhrz = 1'', 7208033 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,3107 + 2,9611 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2025 - 0,0005 ϵ - 0,2024 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2258
 — auf F - 862,6855

Resultat des Versuchs $F=$ 442,6485 + 2,9606 ϵ - 0,2024 k

Versuch X. a. 1827 Apr. 1. 0^h 56' Stz. Barometer 334,75 L. +4°, 7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	23 57' 2"	480	0 10 50"	1000	0 25 47"	1480	0 39 35"	2000	0 54 32"
29	57 52	520	11 59	1040	26 56	1520	40 44	2040	55 41
40	58 11	560	13 8	1080	28 5	1560	51 53	2051	56 0
80	59 20	600	14 17	1120	29 14	1571	42 12	2120	57 59
120	0 0 29	640	15 26	1160	30 23	1640	44 11	2160	59 8
160	1 38	680	16 35	1171	30 42	1680	45 20	2200	1 0 17
71 $\frac{1}{2}$	23 59 5 $\frac{1}{3}$	580	0 13 42 $\frac{1}{2}$	1095 $\frac{1}{6}$	0 28 34 $\frac{1}{6}$	1575 $\frac{1}{6}$	0 42 19 $\frac{1}{6}$	2095 $\frac{1}{6}$	0 57 16 $\frac{1}{6}$
2480	1 8 20"	2971	1 22 27"	3520	1 38 14"	3982	1 51 31"		
2491	8 39	3011	23 36	3531	38 33	4000	52 2		
2520	9 29	3040	24 26	3571	39 42	4011	52 21		
2571	10 57	3051	24 45	3600	40 32	4051	53 30		
2600	11 47	3091	25 54	3611	40 51	4080	54 20		
2640	12 56	3131	27 3	3640	41 41	4091	54 39		
2651	13 15	3171	28 12	3651	42 0	4120	55 29		
2680	14 5					4131	55 48		
						4160	56 38		
						4171	56 57		
2579 $\frac{1}{8}$	1 11 11	3066 $\frac{1}{7}$	1 25 11 $\frac{6}{7}$	3589 $\frac{1}{7}$	1 40 13 $\frac{2}{7}$	4079,7	1 51 19,5		

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72499496	Fehler	Messung der Länge des Pendels.								
	μ	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''			
80	23 59 19,9958	39,9	4,00	1,34	25 59 19,9902	-0,0056	A.	R	12,511	4,21	4,04	4,18	4,00	4,34
580	0 13 42,5000	34,8			0 13 42,4988	-0,0012	E.		12,515	4,30	4,29	4,37	4,14	4,40
1080	28 5,0011	30,8	3,98	4,34	28 5,0046	+0,0005	M.		12,513	4,255	4,165	4,275	4,07	4,37
1580	42 27,5042	27,4			42 27,5087	+0,0045								
2080	56 50,0041	24,4	3,99	4,35	56 50,0114	+0,0073								
2580	1 11 12,5091	21,9			1 11 12,5131	+0,0040								
3080	25 35,0215	19,8	4,07	4,39	25 35,0143	-0,0072								
3580	39 57,5142	17,9			39 57,5146	+0,0004								
4080	54 20,0175	16,1	4,13	4,40	54 20,0146	-0,0029								

Gemessene Länge $F=1,1287$
 Temperatur von $F=4,22$ +0,0228
 Toise, Temperatur = 4,23 863,8808
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels . . = $F+862,7791$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72499496 Uhrz. = 1'', 7208393 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^l 3653 + 2,9612 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2023 - 0,0005 ϵ - 0,2022 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2230
 — auf F - 862,7791
 Resultat des Versuchs $F=412,6069 + 2,9607 \epsilon - 0,2022 k$

Versuch XI. a. 1827 Apr. 1. 22^h 56' Stz. Barometer 335,91 *L.* + 3°, 6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 56 5"	506	22 10 38"	1041	22 26 1"	1536	22 40 15"	2031	22 54 29"
11	56 24	516	11 47	1052	26 20	1587	41 43	2071	55 38
51	57 33	597	13 15	1092	27 29	1627	42 52	2082	55 57
102	59 1	637	14 24	1132	28 38	1667	44 1	2122	57 6
142	22 0 10	677	15 33	1172	29 47	1678	44 20	2162	58 15
182	9 19	728	17 1	1183	30 6			2173	58 34
								2213	59 43
81 $\frac{1}{3}$	21 58 25 $\frac{1}{3}$	615 $\frac{1}{6}$	22 13 46 $\frac{1}{3}$	1112	22 28 3 $\frac{1}{2}$	1619	22 42 38 $\frac{1}{5}$	2122	22 57 6

2526	23 8 43"	3021	23 22 57"	3516	23 37 11"	4011	23 51 25"
2537	9 2	3032	23 16	3556	38 20	4010	52 15
2566	9 52	3061	24 6	3567	38 39	4051	52 34
2577	10 11	3072	24 25	3596	39 29	4062	52 53
2617	11 20	3101	25 15	3607	39 48	4091	53 43
2657	12 29	3112	25 34	3647	40 57	4102	51 2
2668	12 48	3152	26 43	3658	41 16	4131	54 52
2708	13 57	3163	27 2	3687	42 6	4142	55 11
		3203	28 11	3698	42 25	4153	55 30
						4182	56 20
2607	23 11 2 $\frac{3}{4}$	3101 $\frac{8}{9}$	23 25 16 $\frac{5}{9}$	3614 $\frac{2}{3}$	23 40 1 $\frac{2}{9}$	4096 $\frac{1}{2}$	23 52 52 $\frac{1}{2}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72523916	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	u	l'	l''			Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''		
100	21 58 57,5380	40,4	3,26	3,40	21 58 57,5367	-0,0013	A.	13,793	3,44	3,50	3,45	3,25	3,38
600	22 13 20,1670	35,4			22 13 20,1676	+0,0006	E.	13,787	3,58	3,59	3,59	3,37	3,67
1100	27 42,7970	31,1	3,30	3,47	27 42,7960	-0,0010	M.	13,790	3,51	3,545	3,52	3,31	3,525
1600	42 5,1202	27,4			42 5,4223	+0,0021							
2100	56 28,0444	24,4	3,33	3,53	56 28,0471	+0,0030							
2600	23 10 50,6733	21,9			23 10 50,6715	-0,0018							
3100	25 13,2968	19,6	3,36	3,59	25 13,2948	-0,0020							
3600	39 35,9185	17,5			39 35,9175	-0,0010							
4100	53 58,5384	15,9	3,37	3,66	53 58,5397	+0,0013							

Gemessene Länge $F = 1,2139$
 Temperatur von $F = 3^\circ, 53$ + 0,0191
 Toise, Temperatur = $3^\circ, 53$ 863,8742
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels . . . = $F + 862,6536$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72523916 Uhrz. = 1'',7210820 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7335 + 2,9620 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2037 - 0,0005 ϵ - 0,2036 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2249
 — auf F - 862,6536

Resultat des Versuchs $E = 443,1011 + 2,9615 \epsilon - 0,2036 k$

Versuch IX. *b.* 1827 Apr. 2. 3^h 54' Stz. Barometer 335,80 *L.* + 3°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen			Schwingungswerte und Temperatur			Rechnung 1'',00310339			Fehler
h	'	''	''	l'	l''	h	'	''	''
0	3	0 35,5	13,8	3,64	3,67	3	0	35,4991	- 0,0009
642		11 19,5	12,9			11	19,5002	+ 0,0002	
1284		22 3,5	12,05	3,70	3,67	22	3,5003	+ 0,0003	
1926		32 47,5	11,3			32	47,4994	- 0,0006	
2568		43 31,5	10,65	3,70	3,67	43	31,4978	- 0,0022	
3212		54 17,5	10,0			54	17,5017	+ 0,0017	
3855	4	5 2,5	9,35	3,70	3,67	4	5 2,5019	+ 0,0019	
4498		15 47,5	8,8			15	47,5015	+ 0,0015	
5141		26 32,5	8,25	3,70	3,67	26	32,5007	+ 0,0007	
5784		37 17,5	7,8			37	17,4994	- 0,0006	
6427		48 2,5	7,45	3,70	3,69	48	2,4979	- 0,0021	

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	o	o	o	o	o
Anfang.	14,013	3,73	3,74	3,69	3,59	3,67
Ende ...	14,014	3,82	3,74	3,79	3,70	3,67
Mittel ..	14,0135	3,775	3,74	3,74	3,645	3,67

Gemessene Länge	<i>F</i> - 1,2640
Temperatur von <i>F</i> = 3°,76	+ 0,0204
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= <i>F</i> - 1,2422

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00310339 Uhrz.	= 1'',0006859 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels.	441 ^L ,4149 + 1,0014 ε
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0687 - 0,0002 ε - 0,0687 <i>k</i>
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0548
— auf <i>F</i>	+ 1,2422
Resultat des Versuchs	<i>F</i> = 442,5336 + 1,0012 ε - 0,0687 <i>k</i>

Versuch X.b. 1827 Apr. 2. 22^b 31' Stz. Barometer 335,27 L. + 3°, 2 C.

	Beobachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00311539			Fehler
	o	'	''	μ	l'	l''	h	'	''	
	0	21	37	9,5	12,0	3,09	3,21	21	37		9,4992	- 0,0008
641		47	52,5	11,5				47	52,5026	+ 0,0026
1280		58	33,5	10,8	3,14	3,27		58	33,4992	- 0,0008
1920	22	9	15,5	10,05			22	9	15,4983	- 0,0017
2560		19	57,5	9,5	3,23	3,27		19	57,4968	- 0,0032
3202		30	41,5	8,9				30	41,5011	+ 0,0011
3843		41	24,5	8,3	3,28	3,29		41	24,5017	+ 0,0017
4484		52	7,5	7,8				52	7,5021	+ 0,0021
5125	23	2	50,5	7,3	3,31	3,32	23	2	50,5021	+ 0,0021
5765		13	32,5	6,9				13	32,4986	- 0,0014
6406		24	15,5	6,5	3,31	3,35		24	15,4981	- 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fuhrbchels	e'		e''		e'''		l'		l''	
		o	'	o	'	o	'	o	'	o	'
Anfang.	R 13,501	3,25	3,25	3,35	3,03	3,21					
Ende ...	13,448	3,44	3,45	3,50	3,31	3,41					
Mittel ..	13,4745	3,345	3,35	3,425	3,17	3,31					

Gemessene Länge	= F - 1,2154
Temperatur von F = 3°, 35	+ 0,0181
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 0,1959

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 00311539 Uhrz. = 1'', 0006985 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,4260 + 1,0014 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,0688 - 0,0002 ε - 0,0687 k

— auf das zusammengesetzte Pendel - 0,0567

— auf F + 1,1959

Resultat des Versuchs F = 442,4964 + 1,0012 ε - 0,0687 k

Versuch XI. *b.* 1827 Apr. 3. 2^h 47' Stz. Barometer 335,03 *L.* + 3°, *s C*

Probachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1,00363856		Fehler
		μ	l'	l''			
0	2 0 55,5	12,75	3,59	3,67	2 0 55,5000	0,0000	
548	10 5,5	11,8			10 5,5002	+ 0,0002	
1096	19 15,5	11,0	3,64	3,67	19 15,4995	- 0,0005	
1644	28 25,5	10,3			28 25,4981	- 0,0019	
2193	37 36,5	9,8	3,64	3,67	37 36,4999	- 0,0001	
2742	46 47,5	9,2			46 47,5013	+ 0,0013	
3291	55 58,5	8,8	3,64	3,67	55 58,5023	+ 0,0023	
3840	3 5 9,5	8,2			3 5 9,5030	+ 0,0030	
4387	14 18,5	7,8	3,70	3,72	14 18,4961	- 0,0039	
4937	23 30,5	7,4			23 30,4999	- 0,0001	
5486	32 41,5	7,0	3,70	3,72	32 41,5003	+ 0,0003	

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang .	13,910	3,73	3,69	3,64	3,53	3,67
Ende ...	13,908	3,82	3,74	3,74	3,70	3,72
Mittel ..	13,909	3,775	3,715	3,69	3,615	3,695

Gemessene Länge	= $F - 1,2546$
Temperatur von $F = 3^{\circ},75$	+ 0,0203
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= $F - 1,2329$

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00363856 Uhrz. = 1'',0012219 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,8879 + 1,0024 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,0687 - 0,0002 ϵ - 0,0686 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel - 0,0548
 — auf F + 1,2329
 Resultat des Versuchs $F = 442,9973 + 1,0022 \epsilon - 0,0686 k$

Versuch IX. c. 1827 Apr. 3. 21^h 24' Stz. Barometer 337,58 L. + 3°, 2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	20 22 58 ^{h' ''}	509	20 37 36 ^{h' ''}	1018	20 52 14 ^{h' ''}	1527	21 6 52 ^{h' ''}	2047	21 21 49 ^{h' ''}
69	24 57	549	38 45	1058	53 23	1567	8 1	2076	22 39
109	26 6	589	39 54	1098	54 32	1607	9 10	2087	22 58
149	27 15	618	40 44	1138	55 41	1647	10 19	2127	24 7
160	27 34	629	41 3	1178	56 50	1687	11 28	2156	24 57
189	28 24	669	42 12	1218	57 59	1727	12 27	2167	25 16
		698	43 2						
112 $\frac{2}{3}$	20 26 12 $\frac{1}{3}$	608 $\frac{5}{7}$	20 40 28	1118	20 55 6 $\frac{1}{2}$	1627	21 9 14 $\frac{1}{2}$	2110	21 23 37 $\frac{2}{3}$

2516	21 35 18 ^{h' ''}	3025	21 49 56 ^{h' ''}	3505	22 3 44 ^{h' ''}	4014	22 18 22 ^{h' ''}
2556	36 27	3065	51 5	3534	4 34	4043	19 12
2585	37 17	3105	52 14	3574	5 43	4054	19 31
2596	37 36	3134	53 4	3585	6 2	4083	20 21
2636	38 45	3145	53 23	3614	6 52	4094	20 40
2665	39 35	3174	54 13	3625	7 11	4123	21 30
2676	39 54	3185	54 32	3654	8 1	4134	21 49
2705	40 44	3225	55 41	3665	8 20	4163	22 39
				3694	9 10	4203	23 48
						4214	24 7
2616 $\frac{7}{8}$	21 38 12	3132 $\frac{1}{4}$	21 53 1	3605 $\frac{5}{9}$	22 6 37 $\frac{3}{9}$	4112,5	22 21 11 $\frac{9}{10}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72495320	Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	μ	l'	l''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
110 20 26 7,7334 ^{h' ''}	37,7	3,26	3,49	20 26 7,7286	-0,0048	A. 13,654	3,48	3,55	3,59	3,25	3,49
610 40 30,2178	33,6			40 30,2155	-0,0023	E. 13,637	3,48	3,55	3,59	3,31	3,49
1110 54 52,7003	29,7	3,30	3,49	54 52,7004	+0,0001	M. 13,6455	3,48	3,55	3,59	3,28	3,49
1610 21 9 15,1756	26,2			21 9 15,1834	+0,0078						
2110 23 37,6667	23,4	3,31	3,46	23 37,6650	-0,0017						
2610 38 0,1409	20,8			38 0,1456	+0,0047						
3110 52 22,6196	19,0	3,31	3,44	52 22,6257	+0,0061						
3610 22 6 45,1109	17,0			22 6 45,1046	-0,0063						
4110 21 7,5876	15,5	3,31	3,48	21 7,5834	-0,0042						

Gemessene Länge F = 1,2308
 Temperatur von F = 3°, 50 . . . + 0,0189
 Toise, Temperatur = 3, 57 . . . 863,8842
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels . . . = F + 862,6765

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72495320 Uhrz. = 1'', 7207971 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,3013 + 2,9611 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2046 - 0,0005 ε - 0,2046 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel. + 0,2258
 — auf F - 862,6765
 Resultat des Versuchs F = 442,6460 + 2,9606 ε - 0,2046 k

Versuch X. c. 1827 Apr. 4. 3^h 59' Stz. Barometer 338,05 L. + 4°,2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	531	h' ' "	1011	h' ' "	1520	h' ' "	2000	h' ' "
11	2 57 59	560	3 13 15	1051	3 27 3	1531	3 41 41	2011	3 55 29
80	58 18	571	14 5	1080	28 12	1571	42 0	2051	55 48
160	3 0 17	600	14 24	1131	29 2	1600	43 9	2080	56 57
171	2 35	669	15 14	1171	30 30	1611	43 59	2091	57 47
	2 54	680	17 13	1200	31 39	1651	44 18	2131	58 6
			17 32		32 29	1680	45 27	2160	59 15
							46 17	2171	4 0 5
								2186	0 24
84 $\frac{2}{5}$	3 0 24 $\frac{3}{5}$	601 $\frac{5}{6}$	3 15 17 $\frac{1}{6}$	1107 $\frac{1}{3}$	3 29 49 $\frac{1}{6}$	1594 $\frac{6}{7}$	3 43 50 $\frac{1}{7}$	2086 $\frac{7}{8}$	3 57 58 $\frac{7}{8}$

2560	h' ' "	3040	h' ' "	3520	h' ' "	4000	h' ' "
2571	4 11 35	3051	4 25 23	3531	4 39 11	4011	4 52 59
2600	11 54	3080	25 42	3560	39 30	4040	53 18
2611	12 44	3091	26 32	3571	40 20	4051	54 8
2640	13 3	3120	26 51	3600	40 39	4080	54 27
2651	13 53	3131	27 41	3640	41 29	4120	55 17
	14 12	3160	28 0	3651	42 38	4131	56 26
		3180	28 50	3680	42 57	4160	56 45
		3200	29 59		43 47	4200	57 35
							58 44
2605 $\frac{1}{2}$	4 12 53 $\frac{1}{2}$	3109 $\frac{1}{8}$	4 27 22 $\frac{1}{4}$	3594 $\frac{1}{8}$	4 41 18 $\frac{7}{8}$	4088 $\frac{1}{9}$	4 55 31

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungswerte und Temperatur			Rechnung 1'',72498568	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	h' ' "	μ	l'			l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
90	3 0 34,2600	38,8	3,76	3,84	3 0 34,2553	-0,0047	A.	12,695	3,92	3,79	3,70	3,75	3,83
590	14 56,7542	34,7			14 56,7607	+0,0065	E.	12,682	3,92	3,89	3,93	3,81	3,94
1090	29 19,2667	30,5	3,85	3,88	29 19,2638	-0,0029	M.	12,6885	3,92	3,84	3,86	3,78	3,885
1590	43 41,7643	27,1			43 41,7650	+0,0007							
2090	58 4,2656	24,2	3,86	3,89	58 4,2650	-0,0006							
2590	4 12 26,7625	21,6			4 12 26,7638	+0,0013							
3090	26 49,2591	19,4	3,85	3,90	26 49,2618	+0,0024							
3590	41 11,7594	17,4			41 11,7591	-0,0003							
4090	55 34,2583	15,8	3,82	3,93	55 34,2559	-0,0024							

Gemessene Länge F=1,1445
 Temperatur von F=3,89 +0,0211
 Toise, Temperatur=3,85 863,8771
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels =F+862,7579

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72498868 Uhrz. = 1'',7208380 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305⁷/₃₆₂₃ + 2,9612 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2045 - 0,0005 ε - 0,2045 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2230
 — auf F - 862,7579
 Resultat des Versuchs F=442,6229 + 2,9607 ε - 0,2045 k

Versuch XI. c. 1827 Apr. 4. 22^h 41' Stz. Barometer 310,02 *L.* + 4^o,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 39 13	506	21 53 46	1041	22 9 9	1536	22 23 23	2031	22 37 37
11	39 32	546	54 55	1132	11 46	1547	23 42	2111	39 55
51	40 41	557	55 14	1172	12 55	1576	24 32	2122	40 14
131	42 59	597	56 23	1183	13 14	1587	24 51	2162	41 23
142	43 18	626	57 13			1616	25 41	2173	41 42
182	44 27	637	57 32			1627	26 0	2213	42 51
		677	58 41			1667	27 9		
						1678	27 28		
86 $\frac{1}{6}$	22 41 41 $\frac{2}{3}$	592 $\frac{2}{3}$	21 56 14 $\frac{6}{7}$	1132	22 11 46	1604 $\frac{1}{4}$	22 25 20 $\frac{3}{4}$	2135 $\frac{1}{4}$	21 40 37

2526	22 51 51	3021	23 6 5	3516	23 20 19	4040	23 35 23
2566	53 0	3050	6 55	3556	21 28	4051	35 42
2606	51 9	3061	7 14	3567	21 47	4091	36 51
2617	54 28	3101	8 23	3596	22 37	4102	37 10
2657	55 37	3112	8 42	3607	22 56	4131	38 0
2668	55 56	3152	9 51	3647	24 5	4171	39 9
2708	57 5	3163	10 10	3658	24 24	4182	39 28
		3192	11 0	3676	21 55	4193	39 47
2621 $\frac{1}{6}$	22 51 35 $\frac{1}{2}$	3106 $\frac{1}{2}$	23 8 32 $\frac{1}{2}$	3602 $\frac{7}{8}$	23 22 48 $\frac{7}{8}$	4120 $\frac{1}{4}$	23 37 11 $\frac{1}{4}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung		Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	<i>u</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	$1'', 72523854$			Schraube des Fühlheb.	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	
100	21 42 5,5327	38,1	4,03	4,34	21 42 5,5316	+0,0019	A.	13,907	4,21	4,09	4,18	3,97	4,34
600	56 28,1662	33,9			56 28,1643	-0,0019	E.	13,899	4,30	4,33	4,37	4,25	4,40
1100	22 10 50,7920	29,9	4,10	4,35	22 10 50,7917	-0,0003	M.	13,903	4,255	4,21	4,275	4,11	4,37
1600	25 13,4177	26,6			25 13,4175	-0,0002							
2100	39 36,0412	23,6	4,13	4,37	39 36,0420	+0,0008							
2600	53 58,6662	21,2			53 58,6654	-0,0008							
3100	23 8 21,2559	19,0	4,17	4,37	23 8 21,2881	+0,0022							
3600	22 43,9149	17,2			22 43,9103	-0,0046							
4100	37 6,5293	15,5	4,23	4,39	37 6,5321	+0,0028							
							Gemessene Länge	$F=1,2541$					
							Temperatur von $F=4^{\circ},20$	$+0,0227$					
							Toise, Temperatur = $4,25$	863,8810					
							Elasticität des Fadens	$+0,0042$					
							Länge des Pendels	$=F+862,6538$					

Beobachtete Schwingungszeit = $1'', 72523854$ Uhrz. = $1'', 7210864$ MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,7402 + 2,9620 \epsilon$
 Reduction auf den leeren Raum $- 0,2055 - 0,0005 \epsilon - 0,2055 k$
 — auf das zusammengesetzte Pendel $+ 0,2249$
 — auf F $- 862,6538$
 Resultat des Versuchs $F = 443,1058 + 2,9615 \epsilon - 0,2055 k$

Versuch IX. *d.* 1827 Apr. 5. 3^b 27' Stz. Barometer 341,05 *L.* + 5°, 7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 25 55"	509	2 40 33"	989	2 54 21"	1498	3 8 59"	2007	3 23 37"
11	26 14	520	40 52	1029	55 30	1527	9 49	2036	24 27
51	27 23	560	42 1	1069	56 39	1538	10 8	2047	24 46
91	28 32	600	43 10	1098	57 29	1578	11 17	2087	25 55
120	29 22	629	44 0	1109	57 48	1607	12 7	2098	26 14
160	30 31	640	44 19	1138	58 38	1618	12 26	2116	26 45
		669	45 9	1178	59 47	1647	13 16	2127	27 4
		680	45 28			1658	13 35	2167	28 13
72 $\frac{1}{6}$	2 27 59 $\frac{1}{2}$	600 $\frac{7}{4}$	2 43 11 $\frac{1}{2}$	1087 $\frac{1}{7}$	2 57 10 $\frac{2}{7}$	1583 $\frac{7}{4}$	3 11 27 $\frac{1}{4}$	2085 $\frac{5}{4}$	3 25 52 $\frac{5}{8}$

2516	3 38 15"	3014	3 52 34"	3494	4 6 22"	3902	1 20 41"
2515	39 5	3054	53 43	3523	7 12	4003	21 0
2556	39 24	3065	54 2	3534	7 31	4032	21 50
2596	40 33	3094	54 52	3563	8 21	4043	22 9
2625	41 23	3105	55 11	3574	8 40	4072	22 59
2665	42 32	3134	56 1	3603	9 30	4083	23 18
2676	42 51	3145	56 20	3614	9 49	4152	25 17
2705	43 41	3214	58 19	3643	10 39	4163	25 36
				3654	10 58		
				3683	11 48		
2610 $\frac{1}{2}$	3 40 58	3103 $\frac{1}{8}$	3 55 7 $\frac{3}{4}$	3588 $\frac{1}{2}$	4 9 5	4067 $\frac{1}{2}$	4 22 51 $\frac{1}{4}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1", 72493958	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	<i>u</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>			Schraube des Fühlheb.	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>		
	$\frac{h}{o}$	$\frac{l}{o}$	$\frac{l''}{o}$									<i>n</i>	
80	2 28 13,0121	39,3	4,58	5,11	2 28 13,0093	-0,0028	A.	13,853	4,59	4,58	4,71	4,58	5,14
580	42 35,4917	34,6			42 35,4899	-0,0018	E.	13,860	4,69	4,73	5,01	4,64	5,20
1080	56 57,9646	30,6	4,58	4,98	56 57,9679	+0,0033	M.	13,8565	4,64	4,655	4,86	4,61	5,17
1580	3 11 20,4408	27,0			3 11 20,4439	+0,0031							
2080	25 42,9222	24,2	4,55	4,97	25 42,9184	-0,0038							
2580	40 5,3890	21,5			40 5,3918	+0,0028							
3080	54 27,8605	19,5	4,55	5,02	54 27,8644	+0,0039							
3580	4 8 50,3379	17,5			4 8 50,3365	-0,0014							
4080	23 12,8119	15,9	4,63	5,17	23 12,8085	-0,0034							

Gemessene Länge $F = 1,2498$
 Temperatur von $F = 4,65$ + 0,0251
 Toise, Temperatur = 4,78 863,8862
 Elasticität des Fadens . . . + 0,8142
 Länge des Pendels . . = $F + 862,6657$

Beobachtete Schwingungszeit = 1", 72493958 Uhrz. = 1", 7207956 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,2990 + 2,9611 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2057 - 0,0005 ϵ - 0,2056 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2258
 — auf F - 862,6657
 Resultat des Versuchs $F = 442,6534 + 2,9606 \epsilon - 0,2056 k$

Versuch X. d. 1827 Apr. 5. 23^h 0' Stz. Barometer 313,20 L. + 4°, s C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 58 26	509	22 13 4	978	22 26 33	1487	22 41 11	1966	22 55 49
40	59 35	549	14 13	1018	27 42	1498	41 30	2036	56 58
69	22 0 25	589	15 22	1058	28 51	1527	42 20	2076	58 7
80	0 44	618	16 12	1087	29 41	1567	43 29	2105	58 57
120	1 53	629	16 31	1098	30 0	1607	44 38	2116	59 16
149	2 43	658	17 21	1138	31 9	1676	46 37	2145	23 0 6
160	3 2	709	18 49	1167	31 59			2156	0 25
								2185	1 15
88 $\frac{2}{3}$	22 0 58 $\frac{2}{3}$	608 $\frac{2}{3}$	22 15 56	1077 $\frac{5}{7}$	22 29 25	1560 $\frac{1}{3}$	22 43 17 $\frac{1}{2}$	2101 $\frac{7}{8}$	22 58 51 $\frac{5}{8}$

2465	23 9 18	2974	23 23 56	3472	23 38 15	3981	23 52 53
2505	10 27	3014	25 5	3183	38 34	3992	53 12
2516	10 46	3043	25 55	3523	39 43	4021	54 2
2545	11 36	3054	26 14	3534	40 2	4032	54 21
2585	12 45	3094	27 23	3552	40 33	4061	55 11
2614	13 35	3134	28 32	3563	40 52	4072	55 30
2625	13 51	3163	29 22	3603	42 1	4101	56 20
2694	15 53	3174	29 41	3632	42 51	4112	56 39
2705	16 12			3643	43 10	4141	57 29
				3712	45 9	4152	57 48
2583 $\frac{7}{9}$	23 12 42 $\frac{5}{9}$	3081 $\frac{1}{3}$	23 27 1	3571,7	23 41 7	4066 $\frac{1}{2}$	23 55 20 $\frac{1}{2}$

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',72493902	Fehler	Messung der Länge des Pendels.					
	u	l'	l'''			Schraube des Fuhlibeb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
90 22 1 1,2428	38,0	4,36	4,80	21 1 1,2395	-0,0033	A. 13,536	4,49	4,53	4,66	4,36	4,80
590 15 23,7188	33,2			15 23,7191	+0,0003	E. 13,535	4,59	4,73	4,81	4,42	4,91
1090 29 46,1922	29,5	4,36	4,80	29 46,1964	+0,0042	M. 13,5355	4,54	4,63	4,735	4,39	4,855
1590 44 8,6745	26,2			44 8,6720	-0,0025						
2090 58 31,1412	23,4	4,39	4,83	58 31,1464	+0,0052						
2590 23 12 53,6219	20,8			23 12 53,6199	-0,0020						
3090 27 16,0933	18,8	4,12	4,87	27 16,0927	-0,0006						
3590 41 38,5666	16,9			41 38,5649	-0,0017						
4090 56 1,0364	15,3	4,42	4,90	56 1,0368	+0,0004						

Gemessene Länge F = 1,2209
 Temperatur von F = 4,57 + 0,0247
 Toise, Temperatur = 4,69 863,8854
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels = F + 862,6934

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',72493902 Uhrz. = 1'',7207907 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305 $\frac{1}{2}$ 2916 + 2,9611 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2071 - 0,0005 ε - 0,2071 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2230
 — auf F - 862,6934

Resultat des Versuchs F = 442,6141 + 2,9606 ε - 0,2071 k

Versuch XI. d. 1827 Apr. 6. 3^h 39' Stz. Barometer 343,49 L. + 6°, 7 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	2 ^h 36 38 ^{''}	495	2 ^h 50 52 ^{''}	1030	3 ^h 6 15 ^{''}	1525	3 ^h 20 29 ^{''}	2020	3 ^h 34 43 ^{''}
40	37 47	535	52 1	1041	6 34	1536	20 48	2031	35 2
51	38 8	546	52 20	1081	7 43	1576	21 57	2071	36 11
91	39 15	586	53 29	1132	9 11	1616	23 6	2111	37 20
171	41 33	666	55 47	1172	10 20	1667	24 34	2151	38 29
182	41 52	677	56 6	1212	11 29	1707	25 43	2162	38 48
89 ¹ / ₆	2 39 11 ⁵ / ₆	584 ¹ / ₆	2 53 25 ⁵ / ₆	1111 ¹ / ₃	3 8 35 ¹ / ₃	1604 ¹ / ₂	3 22 46 ¹ / ₆	2091	3 36 45 ¹ / ₂

2515	3 ^h 48 57 ^{''}	3010	4 ^h 3 11 ^{''}	3505	4 ^h 17 25 ^{''}	4000	4 ^h 31 39 ^{''}
2555	50 6	3021	3 30	3516	17 44	4011	31 58
2566	50 25	3050	4 20	3545	18 34	4029	32 29
2606	51 34	3061	4 39	3556	18 53	4040	32 48
2616	52 43	3090	5 29	3585	19 43	4051	33 7
2657	53 2	3101	5 48	3596	20 2	4080	33 57
2686	53 52	3141	6 57	3636	21 11	4091	34 16
2697	54 11	3152	7 16	3647	21 30	4131	35 25
		3192	8 25	3676	22 20	4160	35 15
				3687	22 39	4171	36 34
2616	3 51 51 ¹ / ₄	3090 ⁸ / ₉	4 5 30 ⁵ / ₉	3594,9	4 20 0,1	4076 ² / ₅	4 33 50 ⁴ / ₅

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72523878	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	<i>a</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>			Schraube des Fühlh.b.	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>		
100	2 39 20,5235	37,9	4,97	5,64	2 39 20,5220	-0,0015	A.	14,082	4,97	4,98	5,30	4,97	5,65
600	53 53,1498	33,2			53 53,1514	+0,0016	E.	14,085	5,12	5,18	5,55	5,08	5,77
1100	3 8 15,7805	29,4	4,97	5,61	3 8 15,7784	-0,0021	M.	14,0835	5,045	5,08	5,425	4,995	5,71
1600	22 38,4031	26,0			22 38,4037	+0,0006							
2100	37 1,0273	23,3	1,97	5,63	37 1,0278	+0,0005							
2600	51 23,6460	20,8			51 23,6509	+0,0049							
3100	4 5 46,2745	18,7	4,98	5,68	4 5 46,2733	-0,0012							
3600	20 8,8988	16,9			20 8,8953	-0,0036							
4100	34 31,5159	15,3	5,02	5,76	34 31,5168	+0,0009							

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72523878 Uhrz. = 1'', 7210930 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305 ⁷/₇₅₀₂ + 2,9621 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2067 - 0,0005 ε - 0,2066 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2249
 — auf F - 862,6525
 Resultat des Versuchs F = 442,1159 + 2,9616 ε - 0,2066 k

Versuch IX. e. 1827 Apr. 8. 23^b 12' Stz. Barometer 342,25 L. + 8^o, 2 C.

Probachtete Coincidenzen			Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00311441			Fehler
h	'	"	u	l'	l''	h	'	"	
0	22	15 1,5	11,8	6,79	7,20	22	15	1,4999	- 0,0001
640		25 43,5	11,0				25	43,4991	- 0,0009
1281		36 26,5	10,3	6,79	7,22		36	26,5007	+ 0,0007
1922		47 9,5	9,7				47	9,5016	+ 0,0016
2563		57 52,5	9,1	6,85	7,25		57	52,5020	+ 0,0020
3203	23	8 31,5	8,5			23	8	31,4989	- 0,0011
3844		19 17,5	8,0	6,93	7,25		19	17,4986	- 0,0014
4485		30 0,5	7,6				30	0,4980	- 0,0020
5126		40 43,5	7,2	7,01	7,31		40	43,4972	- 0,0028
5769		51 28,5	6,7				51	28,5025	+ 0,0025
6410	0	2 11,5	6,3	7,07	7,37	0	2	11,5013	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schranke des Fühlhebels	e'		e''		e'''		l'		l''	
		n	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Anfang.	14,045	6,88	7,11	7,51	6,74	7,20					
Ende ...	14,039	7,08	7,30	7,51	7,03	7,37					
Mittel..	14,042	6,98	7,205	7,61	6,885	7,285					

Gemessene Länge	= F - 1,2666
Temperatur von F = 7 ^o ,06	+ 0,0382
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 1,2270

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00311441 Uhrz. = 1'',0007035 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441,4304 + 1,0014 ε

Reduction auf den leeren Raum - 0,0692 - 0,0002 ε - 0,0692 k

— auf das zusammengesetzte Pendel - 0,0548

— auf F + 1,2270

Resultat des Versuchs F = 442,5334 + 1,0012 ε - 0,0692 k

Versuch X. e. 1827 Apr. 9. 3^h 37' Stz. Barometer 344,91 L. + 9°,9 C.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1'',00315620	Fehler
		μ	l'	l''		
0	h ' " 2 40 52,5	11,3	7,62	8,22	2 40 52,5038	+ 0,0038
631	51 25,5	10,7			51 25,5013	+ 0,0013
1262	3 1 58,5	10,0	7,67	8,22	3 1 58,4982	- 0,0018
1894	12 32,5	9,3			12 32,4976	- 0,0024
2526	23 6,5	8,8	7,67	8,25	23 6,4965	- 0,0035
3159	33 41,5	8,3			33 41,4982	- 0,0018
3793	44 17,5	7,8	7,73	8,28	44 17,5027	+ 0,0027
4425	54 51,5	7,4			54 51,5005	+ 0,0005
5058	4 5 26,5	6,9	7,73	8,28	4 5 26,5012	+ 0,0012
5690	16 0,5	6,5			16 0,4985	- 0,0015
6324	26 36,5	6,0	7,79	8,34	26 36,5019	+ 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	$\overset{\circ}{}$	$\overset{\circ}{}$	$\overset{\circ}{}$	$\overset{\circ}{}$	$\overset{\circ}{}$
Anfang.	13,344	7,56	7,85	8,30	7,51	7,94
Ende ...	13,336	7,76	8,29	9,20	7,79	8,37
Mittel ..	13,340	7,66	8,07	8,75	7,65	8,155

Gemessene Länge	$F = 1,2033$
Temperatur von $F = 7^\circ,50$	+ 0,0422
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F = 1,1597$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',00315620$ Uhrz. $= 1'',0007433$ MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels

Reduction auf den leeren Raum

— auf das zusammengesetzte Pendel

— auf F

Resultat des Versuchs

Versuch XI. e. 1827 Apr. 9. 22^b 29' Stz. Barometer 340,38 L. + 9°, 2 C

Beobachtete Coincidenzen		Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1,"00362321	Fehler
		μ	l'	l''		
0	21 ^h 39' 24,5"	13,4	7,90	8,45	21 39 24,4985	- 0,0015
550	48 36,5	12,7			48 36,4980	- 0,0020
1101	57 49,5	12,0	7,90	8,45	57 49,5004	+ 0,0004
1652	22 7 2,5	11,3			22 7 2,5020	+ 0,0020
2202	16 14,5	10,7	7,90	8,45	16 14,4995	- 0,0005
2753	25 27,5	10,1			25 27,5000	0,0000
3304	34 40,5	9,6	7,90	8,45	34 40,5010	+ 0,0010
3856	43 54,5	9,0			43 54,5032	+ 0,0032
4407	53 7,5	8,6	7,90	8,45	53 7,5025	+ 0,0025
4957	23 2 19,5	8,1			23 2 19,4979	- 0,0021
5508	11 32,5	7,7	7,95	8,51	11 32,4966	- 0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R					
Anfang.	14,340	8,00	8,44	8,90	7,86	8,45
Ende ...	14,335	8,20	8,63	9,10	8,12	8,74
Mittel..	14,3375	8,10	8,535	9,00	7,99	8,595

Gemessene Länge	= F - 1,2933
Temperatur von F = 8°, 25	+ 0,0447
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= F - 1,2472

Beobachtete Schwingungszeit = 1,"00362321 Uhrz.	= 1,"0012053 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,8733 + 1,0024 ε
Reduction auf den leeren Raum	- 0,0686 - 0,0002 ε - 0,0686 k
— auf das zusammengesetzte Pendel	- 0,0548
— auf F	+ 1,2472
Resultat des Versuchs	F = 442,9971 + 1,0022 ε - 0,0686 k

Versuch IX. f. 1827 Apr. 10. 22^b 31' Stz. Barometer 338,67 L. + 10,° 6 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 21 26 49"	480	h' 21 40 37"	1000	h' 21 55 34"	1480	h' 22 9 22"	2000	h' 22 24 19"
40	27 58	491	40 56	1040	56 43	1491	9 41	2011	24 38
80	29 7	560	42 55	1051	57 2	1520	10 31	2080	26 37
120	30 16	600	44 4	1120	59 1	1531	10 50	2091	26 56
160	31 25	640	45 13	1131	59 20	1571	11 59	2160	28 55
171	31 44	651	45 32	1171	22 0 29	1600	12 49	2171	29 14
		680	46 22			1680	15 7		
95 $\frac{1}{6}$	21 29 33 $\frac{1}{6}$	586	21 43 39 $\frac{6}{7}$	1085 $\frac{1}{2}$	21 58 1 $\frac{1}{2}$	1553 $\frac{2}{7}$	22 11 28 $\frac{3}{7}$	2085 $\frac{1}{2}$	22 26 46 $\frac{1}{2}$
	h' 22 39 16"	3000	h' 22 53 4"	3180	h' 23 6 52"	4000	h' 23 21 49"		
	40 25	3040	54 13	3520	8 1	4011	22 8		
	40 41	3051	54 32	3531	8 20	4040	22 58		
	42 43	3080	55 22	3560	9 10	4080	24 7		
	43 2	3120	56 31	3571	9 29	4091	24 26		
	43 52	3131	56 50	3600	10 19	4120	25 16		
		3160	57 40	3611	10 38	4131	25 35		
		3200	58 49	3640	11 28	4160	26 25		
				3680	12 37	4171	26 44		
				3691	12 56	4200	27 34		
2603 $\frac{2}{3}$	22 41 10 $\frac{1}{3}$	3097 $\frac{3}{4}$	22 55 52 $\frac{5}{8}$	3588 $\frac{2}{5}$	23 9 59	4100 $\frac{2}{5}$	23 24 42 $\frac{1}{5}$		

Reducierte Mittel der Beob.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung		Messung der Länge des Pendels.						
h' , ''		μ	l'	l'''	l'' , 72498954	Fehler	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
h' , ''		μ	l'	l'''	h' , ''		R	o	o	o	o	o	
90	21 29 24,2542	39,5	8,60	9,84	21 29 24,2517	-0,0025	A.	13,845	8,65	9,22	9,70	8,58	9,82
590	43 46,7571	34,7			43 46,7575	+0,0004	E.	13,841	8,75	9,24	9,84	8,72	9,99
1090	58 9,2625	30,7	8,66	9,87	58 9,2608	-0,0017	M.	13,843	8,70	9,32	9,77	8,65	9,905
1590	22 12 31,7607	27,3			22 12 31,7625	+0,0018							
2090	26 54,2625	21,3	8,69	9,91	26 54,2628	+0,0003							
2590	41 16,7583	21,6			41 16,7621	+0,0038							
3090	55 39,2562	19,4	8,72	9,95	55 39,2604	+0,0042							
3590	23 10 1,7600	17,5			23 10 1,7583	-0,0017							
4090	24 24,2600	15,8	8,72	9,98	24 24,7557	-0,0043							
							Gemessene Länge	F-4,2486					
							Temperatur von F = 8° , 92	. +0,0483					
							Toise, Temperatur = 9° , 59	. 863,9336					
							Elasticität des Fadens	+0,0042					
							Länge des Pendels	= F + 862,7375					

Beobachtete Schwingungszeit = 1'', 72498954 Uhrz. = 1'', 7208377 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305 $\frac{1}{2}$ 3629 + 2,9612 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2011 - 0,0005 ϵ - 0,2010 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2258
 — auf F - 862,7375
 Resultat des Versuchs F = 442,6501 + 2,9607 ϵ - 0,2010 k

Versuch X. f. 1827 Apr. 11. 5^h 3' Stz. Barometer 338,57 L. + 12^o,4 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	3 ^h 57' 51"	571	4 ^h 14' 19"	1033	4 ^h 27' 36"	1524	4 ^h 41' 43"	2015	4 ^h 55' 50"
40	59 3	582	14 38	1073	28 45	1535	42 2	2055	56 59
51	59 22	622	15 47	1113	29 54	1564	42 52	2095	58 8
80	4 0 12	662	16 56	1153	31 3	1641	45 10	2135	59 17
120	1 21	713	18 24	1193	32 12	1684	46 19	2175	5 0 26
200	3 39			1233	33 21	1724	47 28	2215	1 35
81 ⁵ / ₆	4 0 15 ¹ / ₆	630	4 16 0 ⁴ / ₅	1133	4 30 28 ¹ / ₂	1612 ¹ / ₂	4 41 15 ² / ₃	2115	4 58 42 ¹ / ₂

2546	5 ^h 11' 6"	3037	5 ^h 25' 13"	3528	5 ^h 39' 20"	4019	5 ^h 53' 27"
2586	12 15	3048	25 32	3568	40 29	4030	53 46
2626	13 24	3077	26 22	3579	40 48	4059	54 36
2666	14 33	3088	26 41	3608	41 38	4099	55 45
2677	14 52	3117	27 31	3648	42 47	4110	56 4
2706	15 42	3128	27 50	3659	43 6	4139	56 54
2717	16 1	3168	28 59	3688	43 56	4179	58 3
		3197	29 49	3699	44 15	4190	58 22
		3208	30 8	3728	45 5	4230	59 31
				3739	45 24	4241	59 50
2616 ² / ₃	5 13 59	3118 ² / ₃	5 27 33 ⁸ / ₉	3641 ² / ₃	5 42 40 ¹ / ₃	4129 ³ / ₅	5 56 37 ¹ / ₃

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingsweite und Temperatur			Rechnung 1",72504604	Fehler	Messung der Länge des Pendels.						
	u	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	
120 4 1 21,0064	39,0	9,95	11,67	4 1 21,0096	+0,0032	A.	12,765	10,13	10,79	11,62	9,94	11,65
620 15 43,5494	33,9			15 43,5430	-0,0064	E.	12,745	10,22	10,93	11,71	10,10	11,99
1120 30 5,0742	30,2	9,98	11,74	30 5,0740	-0,0002	M.	12,755	10,175	10,86	11,665	10,02	11,82
1620 44 28,6046	26,6			44 28,6033	-0,0013							
2120 58 51,1253	23,7	10,02	11,81	58 51,1313	+0,0060							
2620 5 13 13,6556	21,2			5 13 13,6585	+0,0029							
3120 27 36,1890	19,1	10,06	11,89	27 36,1850	-0,0040							
3620 41 58,7086	17,2			41 58,7111	+0,0025							
4120 56 21,2394	15,4	10,09	11,97	56 21,2368	-0,0026							

Gemessene Länge F = 1,1505
 Temperatur von F = 10^o,41 . . . + 0,0564
 Toise, Temperatur = 11,34 . . . 863,9508
 Elasticität des Fadens + 0,0042
 Länge des Pendels . . . = F + 862,8609

Beobachtete Schwingungszeit = 1",72504604 Uhr. = 1",7209016 MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,4598 + 2,9615 ε
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2000 - 0,0005 ε - 0,2000 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2231
 — auf F - 862,8609
 Resultat des Versuchs F = 442,6220 + 2,9610 ε - 0,2000 k

Versuch XI. f. 1827 Apr. 11. 22^b 31' Stz. Barometer 339,20 L. + 11°, 3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	21 28 55 ^{h' s''}	568	21 45 15 ^{h' s''}	1034	21 58 39 ^{h' s''}	1540	22 13 12 ^{h' s''}	2006	22 26 36 ^{h' s''}
11	29 14	659	47 52	1074	59 48	1591	14 40	2046	27 45
51	30 23	699	49 1	1125	22 1 16	1631	15 49	2057	28 4
102	31 51	710	49 20	1165	2 25	1642	16 8	2097	29 13
193	34 28			1176	2 44	1682	17 17	2108	29 32
244	35 56			1216	3 53	1733	18 45	2148	30 41
								2188	31 50
								2228	32 59
100 $\frac{1}{6}$	21 31 47 $\frac{5}{6}$	659	21 47 52	1131 $\frac{2}{3}$	22 1 27 $\frac{1}{2}$	1636 $\frac{1}{2}$	22 15 58 $\frac{1}{2}$	2109 $\frac{3}{4}$	22 29 35
	2523	22 41 28 ^{h' s''}	3029	22 56 1 ^{h' s''}	3524	23 10 15 ^{h' s''}	4041	23 25 7 ^{h' s''}	
	2563	42 37	3069	57 10	3535	10 34	4052	25 26	
	2574	42 56	3080	57 29	3575	11 43	4081	26 16	
	2603	43 46	3109	58 19	3586	12 2	4092	26 35	
	2614	44 5	3120	58 38	3626	13 11	4121	27 25	
	2654	45 14	3160	59 47	3637	13 30	4132	27 44	
	2694	46 23	3171	23 0 6	3677	14 39	4113	28 3	
	2705	46 42	3211	1 15	3688	14 58	4154	28 22	
					3717	15 48	4183	29 12	
					3728	16 7	4223	30 21	
	2616 $\frac{1}{6}$	22 44 8 $\frac{7}{6}$	3118 $\frac{5}{6}$	22 58 35 $\frac{5}{6}$	3629,3	23 13 16,7	4122 $\frac{1}{5}$	23 27 27,1	

Reducirte Mittel der Beob.	Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1'', 72530263	Fehler	Messung der Länge des Pendels.							
	μ	l'	l'''			Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''		
120	21 32 22,0520	39,6	9,67	11,08	21 32 22,0509	-0,0011	A.	13,998	9,73	10,30	10,88	9,61	11,08
620	46 44,7128	34,1			46 44,7131	+0,0003	E.	13,964	9,88	10,40	10,98	9,79	11,13
1120	22 1 7,3714	30,3	9,73	11,08	22 1 7,3728	+0,0014	M.	13,981	9,805	10,35	10,93	9,70	11,105
1620	15 30,0323	26,8			15 30,0309	-0,0014							
2120	29 52,6845	23,8	9,77	11,08	29 52,6875	+0,0030							
2620	44 15,3449	21,3			44 15,3431	-0,0018							
3120	58 37,9973	19,1	9,77	11,10	58 37,9979	+0,0006							
3620	23 13 0,6546	17,1			23 13 0,6521	-0,0025							
4120	27 23,3043	15,5	9,78	11,12	27 23,3058	+0,0015							

Gemessene Länge $F=1,2611$
 Temperatur von $F=10^\circ,00$ +0,0541
 Toise, Temperatur = $10^\circ,69$ 863,9444
 Elasticität des Fadens +0,0042
 Länge des Pendels . . = $F+862,7416$

Beobachtete Schwingungszeit = $l'', 72530263$ Uhrz = $l'', 7211460$ MZ.
 Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,8307$ + 2,9623 ϵ
 Reduction auf den leeren Raum - 0,2007 - 0,0005 ϵ - 0,2007 k
 — auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2249
 — auf F - 862,7416
 Resultat des Versuchs $F=142,1133$ + 2,9618 ϵ - 0,2007 k

III.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Elfenbein und zwei verschiedenen
Aufhängungsarten.



Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R

		St. Z.	Verbesserung			Tägliche Veränderung
		^h 21 57	+ 10,880			^h 8 33
Nvb.	1			Nvb.	3	- 1,070
	6	19 8	+ 5,658		6	- 1,184
	7	19 42	+ 4,443		9	- 1,069
	10	11 41	- 0,490		12	- 1,027
	13	22 27	- 3,005		16	- 0,937
	18	15 6	- 8,340		20	- 1,036
	21	22 27	- 10,730			

Hieraus und aus den Vergleichen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	<i>k</i>	<i>s</i>	1 Seblag von <i>P</i>	
		^h 11 22	46 31,4	- 1,176	0,9976134	
XII.	<i>a.</i>	Nvb. 6				
	<i>a.</i>	6	12 50	46 44,7	- 1,173	0,9976117
	<i>b.</i>	7	17 34	47 26,9	- 1,163	0,9976066
	<i>b.</i>	7	18 52	47 34,5	- 1,160	0,9976057
	<i>c.</i>	8	16 38	48 13,7	- 1,116	0,9976014
	<i>c.</i>	8	18 0	48 13,0	- 1,113	0,9976015
	<i>d.</i>	9	16 13	48 55,2	- 1,069	0,9975971
	<i>d.</i>	9	17 27	48 59,7	- 1,068	0,9975966
XIII.	<i>a.</i>	9	11 57	48 45,0	- 1,058	0,9975984
	<i>a.</i>	9	13 6	48 46,0	- 1,057	0,9975983
	<i>b.</i>	10	12 13	47 41,6	- 1,043	0,9976061
	<i>b.</i>	10	13 34	47 50,6	- 1,042	0,9976051
	<i>c.</i>	11	17 45	48 16,2	- 1,040	0,9976020
	<i>c.</i>	11	19 8	48 22,3	- 1,039	0,9976013
	<i>d.</i>	11	14 43	46 42,7	- 1,028	0,9976136
	<i>d.</i>	12	15 56	46 43,9	- 1,028	0,9976135
XIV.	<i>a.</i>	12	14 49	46 2,5	- 1,007	0,9976191
	<i>a.</i>	13	16 6	46 34,1	- 1,006	0,9976150
	<i>b.</i>	13	12 5	46 51,0	- 0,987	0,9976131
	<i>b.</i>	13	13 26	46 50,7	- 0,986	0,9976131
	<i>c.</i>	13	14 31	46 50,3	- 0,985	0,9976132
	<i>c.</i>	14	15 46	46 50,0	- 0,984	0,9976132
	<i>d.</i>	14	14 55	48 40,1	- 0,965	0,9976001
	<i>d.</i>	15	16 7	48 37,2	- 0,962	0,9976004
XV.	<i>a.</i>	16	12 37	48 1,3	- 0,956	0,9976048
	<i>a.</i>	16	13 43	47 58,1	- 0,957	0,9976051
	<i>b.</i>	16	14 49	47 56,0	- 0,958	0,8976054
	<i>b.</i>	17	16 7	47 51,3	- 0,959	0,9976059
	<i>c.</i>	17	12 28	49 37,5	- 0,980	0,9975933
	<i>c.</i>	17	13 43	49 30,6	- 0,982	0,9975941
	<i>d.</i>	17	14 39	49 26,8	- 0,983	0,9975944
	<i>d.</i>	18	18 27	49 22,9	- 0,987	0,9975949

Versuch XII. a. 1827 Nvb. 6. 11^h 22' Stz.

Barometer 332,90 L. + 3°, 9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 ^h 5' 1"	499	11 ^h 19' 25"	998	11 ^h 33' 46"
40	6 13	528	20 15	1009	34 5
51	6 32	539	20 31	1038	34 55
91	7 41	550	20 53	1019	35 11
142	9 9	590	22 2	1078	36 4
182	10 18	601	22 21	1089	36 23
193	10 37	630	23 11	1100	36 12
		641	23 30	1111	37 1
		692	24 58	1140	37 51
		703	25 17	1151	38 10
				1180	39 0
				1191	39 19
99 $\frac{6}{7}$	11 7 56 $\frac{2}{5}$	597,3	11 22 14 $\frac{3}{5}$	1094 $\frac{1}{2}$	11 36 32 $\frac{1}{2}$
100	11 7 56,5322	600	11 22 19,2587	1100	11 36 41,9900
μ	36,1		22,0		13,2
l' et l''	4,80, 4,85		4,80, 4,84		4,79, 4,83
Rechnung	11 7 56,5306		11 22 19,2618		11 36 41,9884
Fehler....	- 0,0016		+ 0,0031		- 0,0016

XII. a'. Nvb. 6. 12^h 50' Stz.

Barom. 332,90 L. + 3°, 9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
0	12 29 11,5	16,0	4,83	4,93
614	39 27,5	11,8		
1230	49 45,5	8,8	4,88	4,93
1846	13 0 3,5	6,8		
2464	10 23,5	5,2	4,94	4,93
Rechnung		Ehler		
	12 29 11,5011		+ 0,0011	
	39 27,4993		- 0,0007	
	49 45,4997		- 0,0003	
	13 0 3,4981		- 0,0019	
	10 23,5018		+ 0,0018	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	R 18,521	4,92	4,93	4,96	4,80	4,86	R 19,160	4,97	4,93	4,96	4,86	4,87
Ende...	18,529	4,92	4,88	4,96	4,77	4,83	19,160	5,16	4,98	5,01	4,97	5,03
Mittel..	18,525	4,92	4,905	4,96	4,785	4,845	19,160	5,065	4,955	4,985	4,915	4,95

Gemessene Länge	$F - 1,6710$	.....	$= F - 1,7282$
Temperatur von $F = 4,91$	+ 0,0266	$5^{\circ}, 02$	+ 0,0272
Toise, Temperatur = 4,93	863,8877	.....	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	.....	+ 0,0026
Länge des Pendels.....	$= F + 862,2515$	.....	$= F - 1,6984$

Beobacht. Schwingungszeit = 1'' 725 4478 Uhrz. = 1'' 721 3300 MZ.	1'' 003 2395 3 Uhrz. = 1'' 0008 135 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306 $\frac{1}{2}$ 1099 + 2,9628 ϵ	441,55 10 + 1,0017 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9161 - 0,0021 ϵ - 0,9145 k	- 0,3098 - 0,0007 ϵ - 0,3088 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8016	+ 0,2128
— auf F	+ 1,6984
Resultat des Versuchs $F = 443,7439 + 2,9607 \epsilon - 0,9145 k$	443,1554 + 1,0010 $\epsilon - 0,3088 k$

Versuch XII. *b.* 1827 Nvb. 7. 17^h 34' Stz.

Barometer 332,47 *L.* + 4°, 8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 17 17 10"	539	h' 17 32 40"	1027	h' 17 46 42"
40	18 19	579	33 49	1038	47 1
51	18 38	590	34 8	1049	47 20
80	19 28	630	35 17	1078	48 10
91	19 47	641	35 36	1089	48 29
142	21 15	681	36 45	1118	49 19
193	22 43	692	37 4	1129	49 38
		732	38 13	1140	49 57
				1151	50 16
				1180	51 6
				1191	51 25
				1220	52 15
85 $\frac{2}{7}$	17 19 37 $\frac{1}{7}$	635 $\frac{1}{2}$	17 35 26 $\frac{1}{2}$	1117 $\frac{1}{2}$	17 49 18 $\frac{1}{6}$
100	17 20 2,5315	600	17 34 25,2469	1100	17 48 47,9715
μ	38,9		22,7		14,3
<i>l'</i> et <i>l'''</i>	5,31, 5,19		5,34, 5,16		5,36, 5,13
Rechnung	17 20 2,5291		17 34 25,2517		17 48 47,9691
Fehler....	- 0,0024		+ 0,0048		- 0,0024

XII. *b.* Nvb. 7. 18^h 52' Stz.

Barom. 332,47 *L.* + 4°, 8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 18 31 14,5"	μ 16,8	<i>l'</i> 5,41	<i>l'''</i> 5,49
614	41 30,5	12,5		
1229	51 47,5	9,4	5,41	5,43
1844	19 2 4,5	7,1		
2458	12 20,5	5,5	5,36	5,43
Rechnung		Fehler		
h' 18 31 14,4976		-	" 0,0024	
41 30,5008		+	0,0008	
51 47,5027		+	0,0027	
19 2 4,5021		+	0,0021	
12 20,4969		-	0,0031	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.						Schraube des Fühlheb.					
	<i>R</i>	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	<i>R</i>	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>
Anfang	18,533	5,40	5,18	5,15	5,30	5,20	19,074	5,49	5,42	5,20	5,41	5,49
Ende...	18,535	5,49	5,28	5,20	5,36	5,11	19,113	5,49	5,42	5,20	5,35	5,43
Mittel..	18,534	5,445	5,23	5,175	5,33	5,155	19,0935	5,49	5,42	5,20	5,38	5,46

Gemessene Länge	$F - 1,6718$	... = $F - 1,7222$
Temperatur von $F = 5^\circ, 37$	+ 0,0291	$5^\circ, 47$... + 0,0296
Toise, Temperatur = $5^\circ, 20$	863,8904	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,2559$	..... $F - 1,6900$

Beobacht. Schwingungszeit = 1,7254291 Uhrz. = 1,7212995 MZ.	1,00324587 Uhrz. = 1,0008438 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,40636 + 2,9628 ϵ	441,5542 + 1,0017 ϵ
Reduction auf den leeren Raum — 0,9129 — 0,0021 ϵ — 0,9113 <i>k</i>	— 0,3088 — 0,0007 ϵ — 0,3079 <i>k</i>
—— auf d. zusammeng. P. + 0,8016	+ 0,2129
—— auf F	+ 1,6900
Resultat des Versuchs $E = 443,6964 + 2,9607 \epsilon - 0,9113 k$	443,4483 + 1,0010 $\epsilon - 0,3079 k$

Versuch XII. c. 1827 Nvb. S. 16^b 35' Stz.
Barometer 331,92 L. + 4°, s C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	177	h' ' "	976	h' ' "
40	16 20 58"	488	16 34 41"	1016	16 49 2"
51	22 7	528	35 0	1027	50 11
91	22 26	539	36 9	1056	50 30
102	23 35	568	36 28	1067	51 20
1142	23 54	579	37 18	1078	51 39
	25 3	641	37 37	1096	51 58
		670	39 21	1107	52 29
		681	40 14	1118	52 48
			40 33	1129	53 7
				1147	53 26
				1158	53 57
					54 16
71	16 23 0 $\frac{1}{2}$	574 $\frac{5}{9}$	16 37 29 $\frac{1}{3}$	1081 $\frac{1}{4}$	16 52 3 $\frac{7}{12}$
80	16 23 16,0286	550	16 37 38,7271	1080	16 52 1,4266
μ	38,6		22,7		14,3
l' et l''	5,37. 5,10		5,39. 5,12		5,41. 5,14
Rechnung	16 23 16,0276		16 37 38,7291		16 52 1,4256
Fehler....	- 0,0010		+ 0,0020		- 0,0010

XII. c'. Nvb. S. 18^b 0' Stz.
Bar. = 331,88 L. + 4°, s C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' ' "	u	l'	l''
602	17 38 50,5	16,6	5,52	5,45
1203	48 51,5	12,1	5,52	5,42
1806	18 9 2,5	7,0	5,52	5,42
2407	19 5,5	5,5	5,52	5,42
Rechnung		Fehler		
	h' ' "		"	"
	17 38 50,4969		- 0,0031	
	48 51,5028		+ 0,0028	
	58 57,5006		+ 0,0006	
	18 9 2,5027		+ 0,0027	
	19 5,4970		- 0,0030	

Messung der Längen der Pendel.

	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	R 19,511	5,49	5,13	5,15	5,36	5,08	R 18,540	5,59	5,42	5,25	5,52	5,48
Ende...	19,493	5,51	5,27	5,25	5,41	5,14	18,554	5,64	5,47	5,25	5,52	5,42
Mittel..	19,502	5,515	5,20	5,20	5,385	5,11	18,547	5,615	5,445	5,25	5,52	5,45

Gemessene Länge	$F = 1,7591$	$F = 1,6729$
Temperatur von $F = 5^{\circ} 35$	+ 0,0296	$5^{\circ} 56$ + 0,0301
Toise, Temperatur = 5,20	863,8907	
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	+ 0,0026
Länge des Pendels	$= F + 862,1685$	$= F - 1,6402$

Beobach. Schwingungszeit = 1'',7253870 Uhrz. = 1'',7212485 MZ.	1'',00331534 Uhrz. = 1'',0009089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1305 $\frac{1}{2}$ 9862 + 2,9626 ϵ	441,6117 + 1,0018 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9113 - 0,0021 ϵ - 0,9097 k	- 0,3081 - 0,0007 ϵ - 0,3072 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8014	+ 0,2129
— auf F	+ 1,6402
Resultat des Versuchs $F = 443,7078 + 2,9605 \epsilon - 0,9097 k$	443,1567 + 1,0011 $\epsilon - 0,3072 k$

Mathemat. Klasse 1826.

H h

Versuch XII. *d.* 1827 Nvb. 9. 16^h 13' Stz.
Barometer 332,11 *L.* + 3^o, 8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	15 54 26 ^{h' "}	499	16 8 47 ^{h' "}	998	16 23 8 ^{h' "}	
11	54 45	550	10 15	1009	23 27	
51	55 54	561	10 34	1038	24 19	
91	57 3	590	11 24	1019	24 36	
102	57 22	601	11 43	1060	24 55	
142	58 31	611	12 52	1071	25 14	
153	58 50	652	13 11	1100	26 4	
193	59 59	692	14 20	1111	26 23	
				1140	27 13	
				1151	27 32	
				1162	27 51	
				1173	28 10	
	92 ⁷ / ₈	15 57 6 ¹ / ₄	598 ¹ / ₄	16 11 38 ¹ / ₄	1088 ¹ / ₂	16 25 44 ¹ / ₆
100	15 57 18,5439	600	16 11 41,2696	1100	16 26 4,0096	
μ	38,9		22,9		14,5	
<i>l'</i> et <i>l'''</i>	4,58. 4,57		4,58. 4,57		4,58. 4,57	
Rechnung	15 57 18,5407		16 11 41,2761		16 26 4,0064	
Fehler....	— 0,0032		+ 0,0065		— 0,0032	

XII. *d'.* Nvb. 9. 17^h 27' Stz.
Barom. 332,02 *L.* + 3^o, 7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	17 6 21,5 ^{h' "}	12,3	4,53 ^{l'}	4,76 ^{l''}
601	16 24,5	9,3		
1203	26 28,5	7,2	4,56	4,76
1802	36 29,5	5,7		
2404	46 33,5	4,3	4,56	4,65
Rechnung		Fehler		
	17 6 21,4978 ^{h' "}		— 0,0022	
	16 21,5007		+ 0,0007	
	26 28,5047		+ 0,0047	
	36 29,4975		— 0,0025	
	46 33,4993		— 0,0007	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. R	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb. R	e'	e''	e'''	l'	l'''
Anfang	18,515	4,83	4,73	4,62	4,58	4,57	18,463	4,83	4,73	4,62	4,47	4,70
Ende...	18,512	4,83	4,73	4,66	4,58	4,57	18,470	4,83	4,73	4,62	4,56	4,65
Mittel.	18,5135	4,83	4,73	4,64	4,58	4,57	18,4665	4,83	4,73	4,62	4,515	4,675

Gemessene Länge	$F - 1,6699$	... = $F - 1,6657$
Temperatur von $F = 4,79$	+ 0,0259	$4,79$.. + 0,0259
Toise, Temperatur = 4,68	863,8852	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels.....	= $F + 862,2494$	... = $F - 1,6372$

Beobacht. Schwingungszeit = 1,7254546 Uhrz. = 1,7213085 MZ.	1,00332336 Uhrz. = 1,0009120 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,0772 + 2,9628 ϵ	441,6144 + 1,0018 ϵ
Reduction auf den leeren Raum — 0,9147 — 0,0021 ϵ — 0,9131 k	— 0,3095 — 0,0007 ϵ — 0,3085 k
—— auf d. zusammeng. P. + 0,8016	+ 0,2129
—— auf F — 862, 2494	+ 1,6372
Resultat des Versuchs $F = 443, 7147 + 2,9607 \epsilon - 0,9131 k$	443,1550 + 1,0011 $\epsilon - 0,3085 k$

Versuch XIII. a. 1827 Nvb. 9. 11^h 57' Stz.
Barometer 331,84 L. + 3°, 3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

	^h _h ['] _' ^{''} _{''}		^h _h ['] _' ^{''} _{''}		^h _h ['] _' ^{''} _{''}
0	11 37 56	528	11 53 7	1016	12 7 9
40	39 5	539	53 26	1027	7 28
51	39 24	579	54 35	1067	8 37
91	40 33	619	55 44	1107	9 46
142	42 1	630	56 3	1118	10 5
171	42 51	681	57 31	1129	10 24
182	43 10	692	57 50	1169	11 33
193	43 29	721	58 40	1180	11 52
				1209	12 42
				1220	13 1
108 ³ / ₄	11 41 3 ⁵ / ₈	623 ⁵ / ₈	11 55 52	1124 ¹ / ₅	12 10 15,7
120	11 41 23,0359	620	11 55 45,7454	1120	12 10 8,4532
μ	37,8		22,6		14,3
l' et l''	3,89. 4,23		3,94. 4,23		3,97. 4,22
Rechnung	11 41 23,0355		11 55 45,7463		12 10 8,4528
Fehler....	- 0,0004		+ 0,0009		- 0,0004

XIII. a'. Nvb. 9. 13^h 6' Stz.
Barom. 331,78 L. + 3°, 5 C.

Beobachtete Coincidenzen.

	^h _h ['] _' ^{''} _{''}	μ	l'	l''
0	12 43 53,5	13,6	4,03	4,26
624	54 19,5	10,0		
1248	13 4 45,5	7,8	4,03	4,26
1872	15 11,5	5,9		
2499	25 40,5	4,3	4,14	4,26
Rechnung		Fehler		
	^h _h ['] _' ^{''} _{''}	$''$		
	12 43 53,5000	0,0000		
	54 19,5013	+ 0,0013		
	13 4 45,4997	- 0,0003		
	15 11,4967	- 0,0033		
	25 40,5023	+ 0,0023		

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.						Schraube des Fühlheb.					
	π	e'	e''	e'''	l'	l''	π	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	19,353	4,01	4,09	4,06	3,86	4,23	19,675	4,21	4,19	4,13	3,92	4,21
Ende...	19,464	4,21	4,09	4,13	3,97	4,17	19,645	4,30	4,24	4,13	4,14	4,26
Mittel..	19,4085	4,11	4,09	4,095	3,915	4,20	19,660	4,255	4,215	4,13	4,03	4,235

Gemessene Länge.....	$F - 1,7507$	..... = $F - 1,7733$
Temperatur von $F = 4,10$	+ 0,0222	$4,24$... + 0,0229
Toise, Temperatur = 4,09	863,8795	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,1592$	..... = $F - 1,7478$

Beobach. Schwingungszeit = 1,7254070 Uhrz. = 1,7212633 MZ.	1,00319648 Uhrz. = 1,0007870 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,0087 + 2,9627 ϵ	441,5041 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9162 - 0,0021 ϵ - 0,9147 k	- 0,3095 - 0,0007 ϵ - 0,3085 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8014	+ 0,2128
— auf F	+ 1,7478
Resultat des Versuchs $F = 443,7347 + 2,9606 \epsilon - 0,9147 k$	$443,1552 + 1,0009 \epsilon - 0,3085 k$

Versuch XIII. b. 1827 Nvb. 10. 12^b 13' Stz.
Barometer 333,12 L. + 3°, 3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h 11 53 " 5"	499	12 h 7 26 "	1027	12 h 22 37 "
51	54 33	539	8 35	1038	22 56
62	54 52	550	8 54	1078	24 5
153	57 29	590	10 3	1089	24 24
164	57 48	601	10 22	1129	25 33
193	58 38	641	11 31	1140	25 52
233	59 47	652	11 50	1158	26 23
		703	13 18	1169	26 42
		743	14 27	1180	27 1
				1191	27 20
				1209	27 51
				1220	28 10
122 $\frac{2}{7}$	11 56 36	613 $\frac{1}{9}$	12 10 42 $\frac{5}{9}$	1135 $\frac{2}{3}$	12 25 44 $\frac{1}{2}$
120	11 56 32,0562	620	12 10 51,7751	1120	12 25 17,4685
μ	37,9		22,4		14,0
l' et l''	3,75. 3,69		3,81. 3,72		3,81. 3,76
Rechnung	11 56 32,0527		12 10 54,7822		12 25 17,4650
Fehler....	- 0,0035		+ 0,0071		- 0,0035

XIII. b'. Nvb. 10. 13^b 34' Stz.
Barom. 333,32 L. + 3°, 3 C.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
0	13 11 0,5	14,0	3,89	3,95
623	21 25,5	10,1		
1245	31 49,5	7,8	3,94	3,95
1868	42 14,5	5,8		
2492	52 40,5	4,3	3,97	4,00
Rechnung		Fehler		
	h ' " 0,4986	- " 0,0014		
	21 25,5023	+ 0,0023		
	31 49,4998	- 0,0002		
	42 14,4989	- 0,0011		
	52 40,5003	+ 0,0003		

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	19,142	3,87	3,79	3,64	3,70	3,66	19,622	3,97	3,89	3,69	3,86	3,93
Ende...	19,127	3,92	3,84	3,69	3,81	3,83	19,618	4,21	3,99	3,84	3,97	3,99
Mittel..	19,1315	3,895	3,815	3,665	3,755	3,745	19,620	4,09	3,94	3,765	3,915	3,96

Gemessene Länge	$F - 1,7259$	..... = $F - 1,7697$
Temperatur von $F = 3,87$	+ 0,0209	4°, 04 ... + 0,0219
Toise, Temperatur = 3,75	863,8760	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,1792$	... = $F - 1,7452$

Beobach. Schwingungszeit = 1'',7254022 Uhrz. = 1'',7212718 MZ.	1'',00320518 Uhrz. = 1'',0008026 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306 $\frac{1}{2}$ 0216 + 2,9627 ϵ	441,5179 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9203 - 0,0021 ϵ - 0,9187 k	- 0,3113 - 0,0007 ϵ - 0,3103 k
----- auf d. zusammeng. P. + 0,8015	+ 0,2128
----- auf F	+ 1,7452
Resultat des Versuchs $F = 443,7236 + 2,9606 \epsilon - 0,9187 k$	443,1646 + 1,0009 $\epsilon - 0,3103 k$

Versuch XIII. c. 1827 Nvb. 11. 17^h 45' Stz.
Barometer 333,53 L. + 3^o,7 C.

XIII. c'. Nvb. 11. 19^h s' Stz.
Barom. 333,22 L. + 3^o,5 C.

Beobachtete Coincidenzen.

Beobachtete Coincidenzen.

	h' "		h' "		h' "
0	17 25 36	488	11 39 38	987	17 53 59
51	27 4	528	40 47	1016	54 49
102	28 32	539	41 6	1027	55 8
142	29 41	579	42 15	1038	55 27
153	30 0	590	42 34	1056	55 58
193	31 9	639	43 43	1067	56 17
		670	44 52	1078	56 36
		681	45 11	1118	57 45
				1129	58 4
				1158	58 54
				1169	59 13
				1180	59 32
$\frac{106 \frac{2}{3}}{100}$	$\frac{17 28 40 \frac{1}{3}}{17 28 28,5430}$	$\frac{588 \frac{1}{8}}{600}$	$\frac{17 42 30 \frac{3}{4}}{11 42 51,2392}$	$\frac{1085 \frac{1}{4}}{1100}$	$\frac{17 56 48 \frac{1}{2}}{17 57 13,9497}$
μ	39,2		22,4		13,7
l' et l''	4,14, 3,97		4,14, 3,97		4,14, 3,97
Rechnung	17 28 28,5397		17 42 51,2458		17 57 13,9464
Fehler....	- 0,0033		+ 0,0066		- 0,0033

	h' "	u	l'	l''
0	18 46 24,5	13,1	4,20	4,21
586	56 12,5	9,9		
1173	19 6 1,5	7,5	4,36	4,26
1759	15 49,5	5,7		
2345	25 37,5	4,5	4,42	4,37

Rechnung	Fehler
h' " 18 46 24,4973	- 0,0027
56 12,5009	+ 0,0009
19 6 1,5036	+ 0,0036
15 49,5010	+ 0,0010
25 37,4972	- 0,0028

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. R	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Fühlheb. R	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	19,318	4,35	4,09	4,08	4,14	3,97	17,627	4,35	4,29	4,08	4,14	4,23
Ende...	19,462	4,35	4,14	4,08	4,11	3,97	17,648	4,40	4,29	4,08	4,20	4,21
Mittel..	19,390	4,35	4,115	4,08	4,11	3,97	17,6375	4,375	4,29	4,08	4,17	4,22

Gemessene Länge	$F - 1,7470$	..... = $F - 1,5909$
Temperatur von $F = 1^{\circ},27$	+ 0,0231	$1^{\circ},34$ + 0,0235
Toise, Temperatur = $1^{\circ},09$	863,8795	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,1618$	..... = $F - 1,5648$

Beobach. Schwingungszeit = 1''7253959 Uhrz. = 1''7212584 MZ.	1''00340133 Uhrz. = 1''0009945 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,0012 + 2,9627 ε	441,6872 + 1,0020 ε
Reduction auf den leeren Raum - 0,9200 - 0,0021 ε - 0,9185 k	- 0,3111 - 0,0007 ε - 0,3101 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8014	+ 0,2131
— auf F. - 862,1618	+ 1,5648
Resultat des Versuchs $F = 443,7208 + 2,9606 \epsilon - 0,9185 k$	$443,1570 + 1,0013 \epsilon - 0,3101 k$

Versuch XIII. d. 1827 Nvb. 11. 14^h 43' Stz.
Barometer 332,90 L. + 3°, 2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 23 4"	517	14 37 56"	1023	14 52 29"
40	24 13	528	38 15	1034	52 48
91	25 41	557	39 5	1045	53 7
142	27 9	568	39 24	1074	53 57
182	28 18	608	40 33	1085	54 16
233	29 46	648	41 42	1096	54 35
		659	42 1	1114	55 6
		699	43 10	1125	55 25
				1136	55 44
				1165	56 34
				1176	56 53
				1205	57 43
114 $\frac{2}{3}$	14 26 21 $\frac{5}{6}$	598	14 40 15 $\frac{3}{4}$	1106 $\frac{1}{2}$	14 54 53 $\frac{1}{2}$
110	14 26 13,7817	610	14 40 36,4541	1110	14 54 59,1220
μ	37,5		21,7		12,9
l' et l''	3,43. 3,38		3,45. 3,38		3,47. 3,38
Rechnung	14 26 13,7817		14 40 36,4542		14 54 59,1220
Fehler....	0,0000		+ 0,0001		0,0000

XIII. d'. Nvb. 11. 15^h 56' Stz.
Barom. 332,95 L. + 3°, 4 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	15 33 1,5"	14,9	3,75	3,71
623	43 26,5	10,9		
1246	53 51,5	8,0	3,75	3,71
1869	16 4 16,5	6,0		
2493	14 42,5	4,5	3,75	3,71
Rechnung		Fehler		
15 33	1,4982		- 0,0018	
43 26,5017			+ 0,0017	
53 51,5015			+ 0,0015	
16 4 16,4993			- 0,0007	
14 42,4993			- 0,0007	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R						R					
Anfang	20,126	3,53	3,40	3,30	3,42	3,38	19,235	3,73	3,59	3,45	3,75	3,71
Ende...	20,170	3,68	3,50	3,40	3,48	3,43	19,239	3,82	3,69	3,50	3,75	3,71
Mittel..	20,148	3,605	3,45	3,35	3,45	3,405	19,237	3,775	3,64	3,475	3,75	3,71

Gemessene Länge	$F - 1,8173$	.....	$F - 1,7352$
Temperatur von $F = 3^\circ, 55$	+ 0,0192	$5^\circ, 73$	+ 0,0202
Toise, Temperatur = $3^\circ, 39$	863,8726	.....	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	.....	+ 0,0026
Länge des Pendels	$= F + 862,0827$	.....	$= F - 1,7124$

Beobacht. Schwingungszeit = 1'',7253304 Uhrz. = 1'',7212131 MZ.	1'',00320303 Uhrz. = 1'',0008089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1305,9325 + 2,9625 ϵ	441,5234 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9207 - 0,0021 ϵ - 0,9191 k	- 0,3112 - 0,0007 ϵ - 0,3102 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8013	+ 0,2128
— auf F	+ 1,7124
Resultat des Versuchs $F = 443,7304 + 2,9604 \epsilon - 0,9191 k$	443,1374 + 1,0009 $\epsilon - 0,3102 k$

Versuch XIV. a. 1827 Nvb. 12. 14^b 49' Stz.
Barometer 338,23 L. + 3°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 28 22 ^{h' ''}	510	14 43 2 ^{h' ''}	1009	14 57 23 ^{h' ''}
51	29 50	550	44 11	1020	57 42
62	39 9	561	44 30	1060	58 51
102	31 18	572	44 49	1071	59 10
113	31 37	601	45 39	1111	15 0 19
153	32 46	612	45 58	1122	0 38
164	33 5	652	47 7	1133	0 57
204	34 14	663	47 26	1162	1 47
		703	48 35	1173	2 6
		714	48 54	1184	2 25
106 ¹ / ₈	14 31 25 ¹ / ₈	613 ³ / ₅	14 46 1,1	1104 ¹ / ₂	15 0 7 ³ / ₅
110	14 31 31,8112	610	14 45 54,5432	1110	15 0 17,2901
μ	38,5		22,3		11,2
l' et l'''	2,84, 2,75		2,92, 2,97		3,00, 2,83
Rechnung	14 31 31,8079		14 45 54,5498		15 0 17,2868
Fehler....	- 0,0033		+ 0,0066		- 0,0033

XIV. a'. Nvb. 13. 16^b 6' Stz.
Barom. 338,65 L. + 3°, 2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

		u	l'	l''
0	15 42 19,5 ^{h' ''}	14,3 ^o	3,20 ^o	3,16 ^o
622	52 43,5	10,7		
1244	16 3 7,5	8,0	3,20	3,16
1864	13 29,5	6,0		
2486	23 53,5	4,6	3,31	3,16
		Rechnung		Fehler
	15 42 19,4965 ^{h' ''}			- 0,0035
	52 43,5021			+ 0,0021
	16 3 7,5015			+ 0,0045
	13 29,4986			- 0,0014
	23 53,4983			- 0,0017

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fuhrheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fuhrheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
Anfang	n	2,91	2,71	2,68	2,81	2,74	R	3,20	2,91	2,82	3,20	3,16
Ende...		3,05	2,86	2,77	3,09	3,01		3,39	3,10	3,02	3,31	3,16
Mittel..		2,98	2,785	2,725	2,95	2,89		3,295	3,005	2,92	3,255	3,16

Gemessene Länge	$F - 1,1277$	.....	$= F - 1,2942$
Temperatur von $F = 2,91$	$+ 0,0158$	$3^{\circ}, 19$	$+ 0,0173$
Toise, Temperatur = 2,75	$863,8662$	.....	.....
Elasticität des Fadens	$+ 0,0082$	.....	$+ 0,0026$
Länge des Pendels	$= F + 862,7525$	.....	$= F - 1,2743$

Beobach. Schwingungszeit = 1,7254688 Uhrz. = 1,7213606 MZ.	1,00321264 Uhrz. = 1,0008200 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,1563 + 2,9630 ϵ	441,5332 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9373 - 0,0021 ϵ - 0,9357 k	- 0,3178 - 0,0007 ϵ - 0,3168 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8139	+ 0,2208
— auf F	+ 1,2743
Resultat des Versuchs $F = 443,2804 + 2,9609 \epsilon - 0,9357 k$	$442,7105 + 1,0009 \epsilon - 0,3168 k$

Versuch XIV. *b.* 1827 Nvb. 13. 12^h 5' Stz.
Barometer 342,86 *L.* + 2°, *s C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	11 43 33 ^{h' "}	510	11 58 13 ^{h' "}	1020	12 12 53 ^{h' "}
11	43 52	521	58 32	1031	13 2
62	45 20	561	59 11	1060	14 2
102	46 29	612	12 1 9	1100	15 11
113	46 48	623	1 28	1111	15 30
204	49 25	663	2 37	1122	15 49
		703	3 46	1133	16 8
		714	4 5	1162	16 58
		725	4 24	1173	17 17
				1202	18 7
82	11 45 54 $\frac{1}{2}$	625 $\frac{7}{9}$	12 1 32 $\frac{7}{9}$	1111 $\frac{2}{5}$	12 15 30,7
110	11 46 42,8132	610	12 1 5,5537	1110	12 15 28,2843
μ	38,4		22,0		14,0
<i>l'</i> et <i>l'''</i>	3,14. 3,19		3,14. 3,19		3,14. 3,19
Rechnung	11 46 42,8140		12 1 5,5521		12 15 28,2851
Fehler....	+ 0,0008		- 0,0016		+ 0,0008

XIV. *b.* Nvb. 13. 13^h 26' Stz.
Barom. 342,92 *L.* + 2°, *s C.*

Beobachtete Coincidenzen.

0	13 1 20,5 ^{h' "}	13,1 ^μ	3,20 ^{l'}	3,16 ^{l'''}
627	11 49,5	9,6		
1253	22 17,5	7,0	3,20	3,21
1880	32 46,5	5,4		
2504	43 12,5	4,1	3,25	3,31
Rechnung		Fehler		
13 1 20,4964			- 0,0036	
11 49,5021			+ 0,0021	
23 17,5022			+ 0,0022	
32 46,5039			+ 0,0039	
43 12,4955			- 0,0045	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. <i>R</i>	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>	Schraube des Fühlheb. <i>R</i>	<i>e'</i>	<i>e''</i>	<i>e'''</i>	<i>l'</i>	<i>l'''</i>
Anfang	13,280	3,34	3,20	3,11	3,14	3,19	14,660	3,34	3,15	3,11	3,14	3,16
Ende...	13,275	3,34	3,15	3,11	3,14	3,19	14,660	3,39	3,25	3,11	3,25	3,21
Mittel..	13,2775	3,34	3,175	3,11	3,14	3,19	14,660	3,365	3,20	3,11	3,195	3,185

Gemessene Länge	$F - 1,1970$	..... = $F - 1,3223$
Temperatur von $F = 3^{\circ} 28$	+ 0,0178	$3^{\circ} 31$... + 0,0179
Toise, Temperatur = 3, 14	863,8701	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,6985$	..... = $F - 1,3018$

Beobach. Schwingungszeit = 1 ^h 725 4607 Uhrz. = 1 ^h 7213 422 MZ.	1 ^h 00318960 Uhrz. = 1 ^h 0007951 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306 ^l 1284 + 2,9629 ϵ	441,5112 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9495 - 0,0022 ϵ - 0,9478 <i>k</i>	- 0,3212 - 0,0007 ϵ - 0,3202 <i>k</i>
----- auf d. zusammeng. P. + 0,8138	+ 0,2208
----- auf F	- 862,6985
Resultat des Versuchs $F = 443,2942 + 2,9607 \epsilon - 0,9478 k$	442,7126 + 1,0009 $\epsilon - 0,3202 k$

Versuch XIV. c. 1827 Nvb. 13. 14^b 31' Stz.
Barometer 342,91 L. + 2°, 8 C.

Beobachtete Coincidenzen.

	h' "		h' "		h' "
0	14 10 15"	499	14 24 36"	998	14 38 57"
40	11 24	539	25 45	1009	39 16
51	11 43	590	27 13	1038	40 6
102	13 11	601	27 32	1049	40 25
142	14 20	641	28 41	1060	40 44
153	14 39	663	29 19	1071	41 3
193	15 48	692	30 9	1100	41 53
204	16 7	703	30 28	1111	42 12
				1140	43 2
				1151	43 21
				1162	43 40
				1173	43 59
$\frac{110}{8}$	$\frac{14 13 25 \frac{7}{8}}$	616	$\frac{14 27 57 \frac{7}{8}}$	$\frac{1088}{2}$	$\frac{14 41 33 \frac{1}{8}}$
100	14 13 7,5419	600	14 27 30,2675	1100	14 41 53,0096
μ	37,1		21,1		13,4
l' et l''	3,20. 3,15		3,20. 3,15		3,20. 3,15
Rechnung	14 13 7,5400		14 27 30,2713		14 41 53,0077
Fehler....	- 0,0019		+ 0,0038		- 0,0019

XIV. c'. Nvb. 14. 15^b 46' Stz.
Barom. 342,70 L. + 2°, 9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

	h' "	u	l'	l''
0	15 21 51,5"	18,0	3,25	3,21
627	32 20,5	13,0		
1253	42 48,5	9,5	3,31	3,24
1880	53 17,5	7,1		
2504	16 3 43,5	5,5	3,31	3,27
Rechnung				
	h' "			
	15 21 51,4946		-	0,0054
	32 20,5034		+	0,0034
	42 48,5036		+	0,0036
	52 17,5043		+	0,0043
	16 3 43,4941		-	0,0059
Fehler				

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Füllhebs.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Füllhebs.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	R	3,44	3,25	3,16	3,20	3,15	R	3,44	3,30	3,16	3,20	3,21
Ende...		3,44	3,30	3,16	3,20	3,15		3,49	3,40	3,16	3,31	3,27
Mittel..		3,44	3,275	3,16	3,20	3,15		3,465	3,35	3,16	3,255	3,24

Gemessene Länge	$F - 1,1926$	... = $F - 1,3194$
Temperatur von $F = 3^{\circ} 38$	+ 0,0183	$3^{\circ} 42$.. + 0,0186
Toise, Temperatur = 3, 21	863,8708	.....
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels.....	$= F + 862,7047$	... = $F - 1,2982$

Beobacht. Schwingungszeit = 1",7254579 Uhrz. = 1",7213396 MZ.	1",00318546 Uhrz. = 1",0007911 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,1244 + 2,9629 ϵ	441,5077 + 1,0016 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9194 - 0,0022 ϵ - 0,9477 k	- 0,3209 - 0,0007 ϵ - 0,3199 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8138	+ 0,2208
— auf F..... - 862,7047	+ 1,2982
Resultat des Versuchs $F = 443,2811 + 2,9607 \epsilon - 0,9477 k$	$442,7058 + 1,0009 \epsilon - 0,3199 k$

Versuch XIV. d. 1827 Nvb. 14. 14^h 55' Stz.
Barometer 338,95 L. + 3°, 0 C.

XIV. d'. Nvb. 15. 16^h 7' Stz.
Barom. 338,95 L. + 3°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 14 33 19"	499	h' 14 47 40"	1009	h' 15 2 20"
40	34 28	510	47 59	1020	2 39
51	34 47	550	49 8	1060	3 48
102	36 15	561	49 27	1071	4 7
142	37 24	601	50 36	1122	5 35
153	37 43	612	50 55	1162	6 44
204	39 11	652	52 4	1173	7 3
		663	52 23	1184	7 22
		703	53 32	1195	7 41
		714	53 51	1224	8 31
98 ⁰ / ₇	14 36 9 ⁰ / ₇	606 ¹ / ₂	14 50 45 ¹ / ₂	1122	15 5 35
110	14 36 28,7983	610	14 50 51,5391	1110	15 5 14,2941
μ.....	37,3		21,8		13,9
l' et l''....	3,38. 3,27		3,39. 3,27		3,40. 3,27
Rechnung	14 36 28,7955		14 50 51,5447		15 5 14,2913
Fehler....	- 0,0028		+ 0,0056		- 0,0028

Beobachtete Coincidenzen.

0	h' 15 41 47,5"	μ 16,3	l' 3,70	l'' 3,60
626	52 15,5	12,2		
1255	16 2 46,5	9,1	3,70	3,65
1881	13 14,5	7,0		
2510	23 45,5	5,2	3,75	3,65
Rechnung		Fehler		
h' 15 41 47,4990		- 0,0010		
52 15,4991		- 0,0009		
16 2 46,5044		+ 0,0044		
13 14,4979		- 0,0021		
23 45,4996		- 0,0004		

Messung der Längen der Pendel.

	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	o	o	o	o	o	R	o	o	o	o	o
Anfang	13,218	3,63	3,50	3,26	3,37	3,27	14,618	3,68	3,54	3,30	3,70	3,60
Ende...	13,220	3,68	3,50	3,30	3,42	3,27	14,629	3,77	3,69	3,35	3,70	3,60
Mittel..	13,219	3,655	3,50	3,28	3,395	3,27	14,6235	3,725	3,615	3,325	3,70	3,60
Gemessene Länge	= F - 1,4924						..... = F - 1,3190					
Temperatur von F = 3°, 60	+ 0,0195						3°, 68 + 0,0199					
Toise, Temperatur = 3,37	863,8724						.....				
Elasticität des Fadens	+ 0,0082						..... + 0,0026					
Länge des Pendels	= F + 862,7077						..... = F - 1,2965					

Beobach. Schwingungszeit = 1'',7254857 Uhrz. = 1'',7213447 MZ.	1'',00317936 Uhrz. = 1'',0007721 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306 ^L ,1322 + 2,9629 ε	441,4910 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum - 0,9377 - 0,0021 ε - 0,9360 k	- 0,3168 - 0,0007 ε - 0,3158 k
----- auf d. zusammeng. P. + 0,8138	+ 0,2208
----- auf F. - 862,7077	+ 1,2965
Resultat des Versuchs F = 443,3006 + 2,9608 ε - 0,9360 k	442,6915 + 1,0008 ε - 0,3158 k

Versuch XV. a. 1827 Nvb. 16. 12^h 37' Stz.
Barometer 338,56 L. + 3°, 8 C.

XV. a'. Nvb. 16. 13^h 43' Stz.
Baroin. 338,68 L. + 3°, 9 C.

Beobachtete Coincidenzen.

Beobachtete Coincidenzen.

	h	'	"		h	'	"		h	'	"
0	12	14	23	499	12	28	14	1009	12	43	21
51	15	51		550	30	12		1049	44	33	
102	17	19		561	30	31		1089	45	42	
142	18	28		590	31	21		1100	46	1	
153	18	47		601	31	40		1111	46	20	
204	20	15		641	32	49		1140	47	10	
				652	33	8		1151	47	29	
				663	33	27		1191	48	38	
				703	34	36		1292	48	57	
								1213	49	16	
108 $\frac{1}{3}$	12	17	30 $\frac{1}{2}$	606 $\frac{2}{3}$	12	31	49 $\frac{7}{9}$	1125 $\frac{1}{2}$	12	46	45
110	12	17	32,8006	610	12	31	55,5294	1110	12	46	18,2555
μ			37,3				21,7				13,8
l' et l''			4,20, 3,83				4,20, 3,83				4,20, 3,83
Rechnung	12	17	32,8002		12	31	55,5301		12	46	18,2551
Fehler....			- 0,0004				+ 0,0007				- 0,0004

	h	'	"	μ	l'	l''
0	13	17	21,5	14,0	4,31	4,22
607	27	30,5		10,4		
1216	37	41,5		8,0	4,31	4,22
1827	47	54,5		6,1		
2437	58	6,5		4,5	4,31	4,22
Rechnung						
	13	17	21,5026			+ 0,0026
			27 30,4981			- 0,0019
			37 41,4970			- 0,0030
			47 54,5012			+ 0,0012
			58 6,5011			+ 0,0011

Messung der Längen der Pendel.

	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schranke des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	R 13,255	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	R 13,872	4,35	4,04	3,89	4,31	4,22
Ende...	13,247	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,880	4,35	4,04	3,93	4,31	4,22
Mittel..	13,251	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,876	4,35	4,04	3,91	4,31	4,22

Gemessene Länge	$F - 1,1952$	.....	$= F - 1,2516$
Temperatur von $F = 4^{\circ}, 12$	+ 0,0223	$4^{\circ}, 24$	+ 0,0229
Toise, Temperatur = $3^{\circ}, 79$	863,8765	.....	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	.....	+ 0,0026
Länge des Pendels	$= F + 862,7118$	.....	$= F - 1,2261$

Beobach. Schwingungszeit = 1'',7254448 Uhrz. = 1'',7213120 MZ.	1'',00327636 Uhrz. = 1'',0008736 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306,0826 + 2,9628 ϵ	441,5805 + 1,0017 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9337 - 0,0021 ϵ - 0,9320 k	- 0,3159 - 0,0007 ϵ - 0,3149 k
----- auf d. zusammeng. P. + 0,8137	+ 0,2209
----- auf F	+ 1,2261
Resultat des Versuchs $F = 443,2508 + 2,9607 \epsilon - 0,9320 k$	442,7116 + 1,0010 $\epsilon - 0,3149 k$

Versuch XV. c. 1827 Nvb. 17. 12^h 28' Stz.

Barometer 339,47 L. + 4°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	12 ^h 5' 7"	510	12 ^h 19' 47"	991	12 ^h 33' 37"
11	5 26	521	20 6	1020	34 27
51	6 35	561	21 15	1031	34 46
102	8 3	572	21 34	1071	35 55
113	8 22	612	22 43	1082	36 14
153	9 31	623	23 2	1122	37 23
164	9 50	663	24 11	1133	37 42
215	11 18	674	24 30	1144	38 1
		714	25 39	1173	38 51
				1184	39 10
				1195	39 29
$101\frac{1}{8}$	12 8 1 $\frac{1}{2}$	$605\frac{5}{9}$	12 22 31 $\frac{5}{9}$	$1101\frac{2}{11}$	12 36 52 $\frac{3}{11}$
110	12 8 16,8138	610	12 22 39,5578	1110	12 37 2,3119
μ	36,9		22,1		13,9
l' et l''	4,27. 4,35		4,31. 4,30		4,35. 4,25
Rechnung	12 8 16,8113		12 22 39,5627		12 37 2,3094
Fehler....	- 0,0025		+ 0,0049		- 0,0025

XV. c'. Nvb. 17. 13^h 43' Stz.

Barom. 339,46 L. + 4°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
0	13 ^h 16' 49,5"	13,1	4,42	4,32
630	27 21,5	10,0		
1258	37 51,5	7,3	4,42	4,32
1888	48 23,5	5,8		
2519	58 56,5	4,5	4,42	4,32
Rechnung		Fehler		
	13 16 49,4988		- 0,0012	
	27 21,5032		+ 0,0032	
	37 51,4985		- 0,0015	
	48 23,4986		- 0,0014	
	58 56,5011		+ 0,0011	

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	\circ	\circ	\circ	\circ	\circ	R	\circ	\circ	\circ	\circ	\circ
Anfang	13,185	4,40	4,29	4,13	4,25	4,40	14,984	4,49	4,29	4,18	4,42	4,32
Ende...	13,190	4,40	4,29	4,18	4,42	4,17	14,993	4,49	4,33	4,23	4,42	4,32
Mittel..	13,1875	4,40	4,29	4,155	4,335	4,285	14,9885	4,49	4,31	4,205	4,42	4,32

Gemessene Länge	$F - 1,1895$	.....	$= F - 1,3520$
Temperatur von $F = 4^{\circ}, 36$	$+ 0,0236$	$4^{\circ}, 43$	$+ 0,0240$
Toise, Temperatur $= 4, 21$	$863,8806$	.....	.....
Elasticität des Fadens	$+ 0,0082$	.....	$+ 0,0026$
Länge des Pendels	$= F + 862,7229$	.....	$= F - 1,3254$

Beobach. Schwingungszeit $= 1,7254880$ Uhrz. $= 1,7213353$ MZ.	$1,00317143$ Uhrz. $= 1,0007579$ MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. $4306,41179 + 2,9629 \epsilon$	$441,4784 + 1,0015 \epsilon$
Reduction auf den leeren Raum $- 0,9358 - 0,0021 \epsilon - 0,9342 k$	$- 0,3164 - 0,0007 \epsilon - 0,3154 k$
----- auf d. zusammeng. P. $+ 0,8138$	$+ 0,2208$
----- auf F	$+ 1,3254$
Resultat des Versuchs $F = 443,2730 + 2,9608 \epsilon - 0,9342 k$	$442,7082 + 1,0008 \epsilon - 0,3154 k$

Versuch XV. d. 1827 Nvb. 17. 14^h 39' Stz.
Barometer 339,54 L. + 4°, 0 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	14 17 11"	170	14 30 42"	980	14 45 22"
51	18 39	510	31 51	991	45 41
62	18 58	561	33 19	1020	46 31
102	20 7	572	33 38	1031	46 50
153	21 35	612	34 47	1053	47 28
		623	35 6	1071	47 59
		663	36 15	1082	48 18
		674	36 34	1093	48 37
				1100	48 49
				1122	49 27
				1133	49 46
				1141	50 5
73 $\frac{1}{5}$	14 19 18	585 $\frac{5}{8}$	14 34 1 $\frac{1}{2}$	1068 $\frac{1}{3}$	14 47 54 $\frac{5}{12}$
80	14 19 29,0432	580	14 33 51,7940	1180	14 48 14,5476
μ	34,7		20,6		13,0
l' et l''	4,42, 4,32		4,42, 4,32		4,42, 4,29
Rechnung	14 19 29,0420		14 33 51,7963		14 48 14,5464
Fehler....	- 0,0012		+ 0,0023		- 0,0012

XV. d'. Nvb. 18. 18^h 27' Stz.
Barom. 339,68 L. + 4°, 2 C.

Beobachtete Coincidenzen.

0	18 0 45,5	16,0	4,47	4,37
629	11 16,5	12,0		
1260	21 49,5	9,0	4,47	4,37
1890	32 21,5	6,8		
2523	42 56,5	5,1	4,47	4,37
Rechnung		Fehler		
18	0 45,5004	+ 0,0004		
11	15,4996	- 0,0004		
21	49,5012	+ 0,0012		
32	21,4973	- 0,0027		
42	56,5015	+ 0,0015		

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlb. b.	e'	e''	e'''	l'	l''	Schraube des Fühlb. b.	e'	e''	e'''	l'	l''
Anfang	R	4,54	4,33	4,22	4,42	4,34	R	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Ende...		4,54	4,38	4,27	4,42	4,26		4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Mittel..		4,51	4,355	4,245	4,42	4,30		4,59	4,38	4,27	4,47	4,37

Gemessene Länge	$F - 1,1958$	... = $F - 1,3525$
Temperatur von $F = 4,48$	+ 0,0242	$4,52$.. + 0,0245
Toise, Temperatur = 4,29	863,8814	.....
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	..... + 0,0026
Länge des Pendels	= $F + 862,7180$	... = $F - 1,3254$

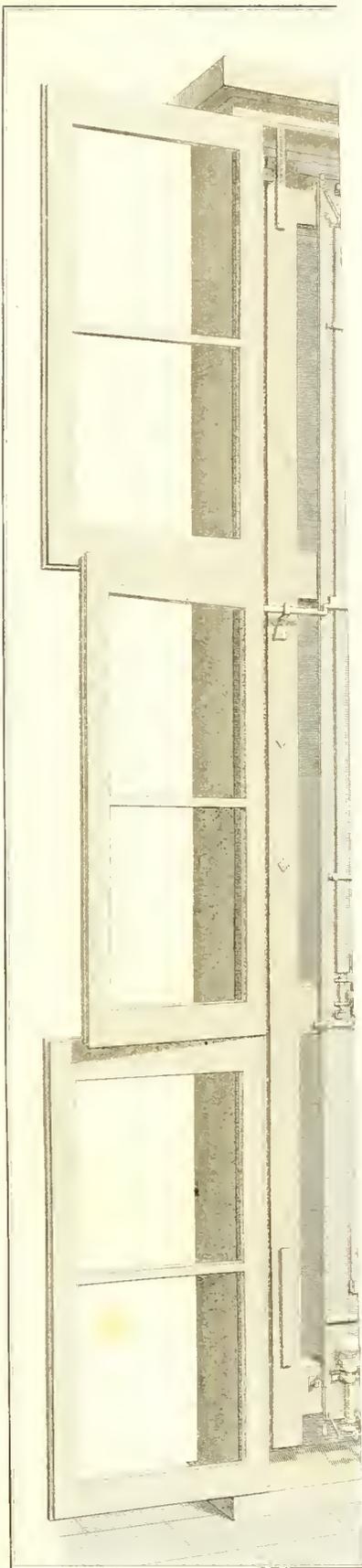
Beobach. Schwingungszeit = 1''7254954 Uhrz. = 1''7213446 MZ.	1''00316360 Uhrz. = 1''0007509 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306 ^l 1320 + 2,9629 ϵ	441,4723 + 1,0015 ϵ
Reduction auf den leeren Raum - 0,9357 - 0,0021 ϵ - 0,9341 k	- 0,3165 - 0,0007 ϵ - 0,3156 k
— auf d. zusammeng. P. + 0,8138	+ 0,2208
— auf F	+ 1,3254
Resultat des Versuchs $F = 443,2921 + 2,9608 \epsilon - 0,9341 k$	442,7020 + 1,0008 ϵ - 0,3156 k



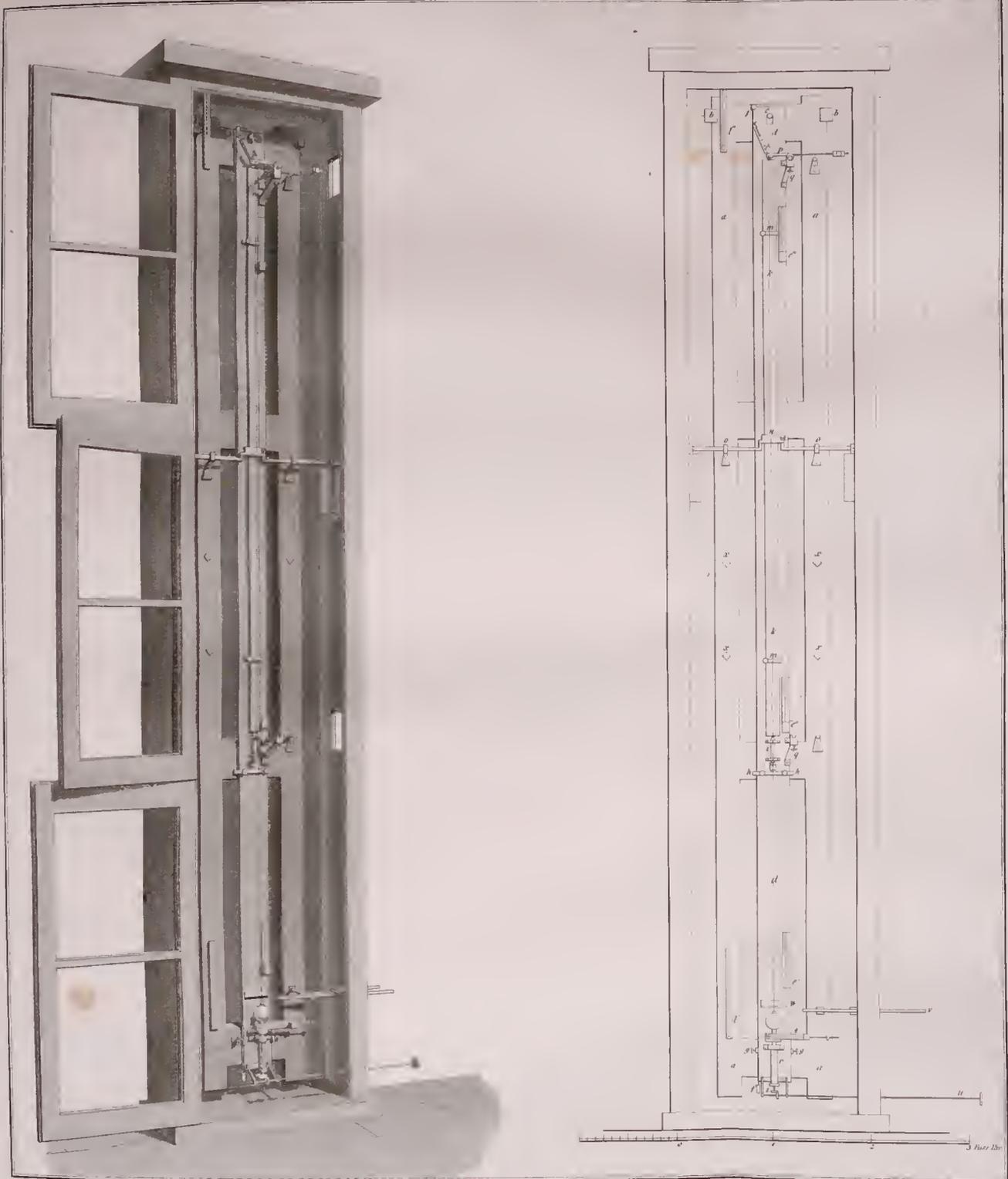
Bemerkung.

Die Wichtigkeit der vorstehenden am 5^{ten} Januar 1828 eingesandten, und am 28^{sten} Februar gelesenen Abhandlung, und das Interesse welches ihre schnelle Bekanntwerdung für die in der neuesten Zeit so häufig angestellten Pendelversuche haben mußte, hat die Akademie bewogen, sie dem damals gerade in Drucke begriffenen Bande ihrer Abhandlungen für 1826 einzuverleiben, obgleich sie dem Datum nach in einen der späteren Bände gehörte.





Boquet's Ventilator apparatus Methuen Glasgow 1829



Beispiel's Ventilapparat Mathem. Klasse 1820



Fig. 2.

Fig. 1

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 9

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 10

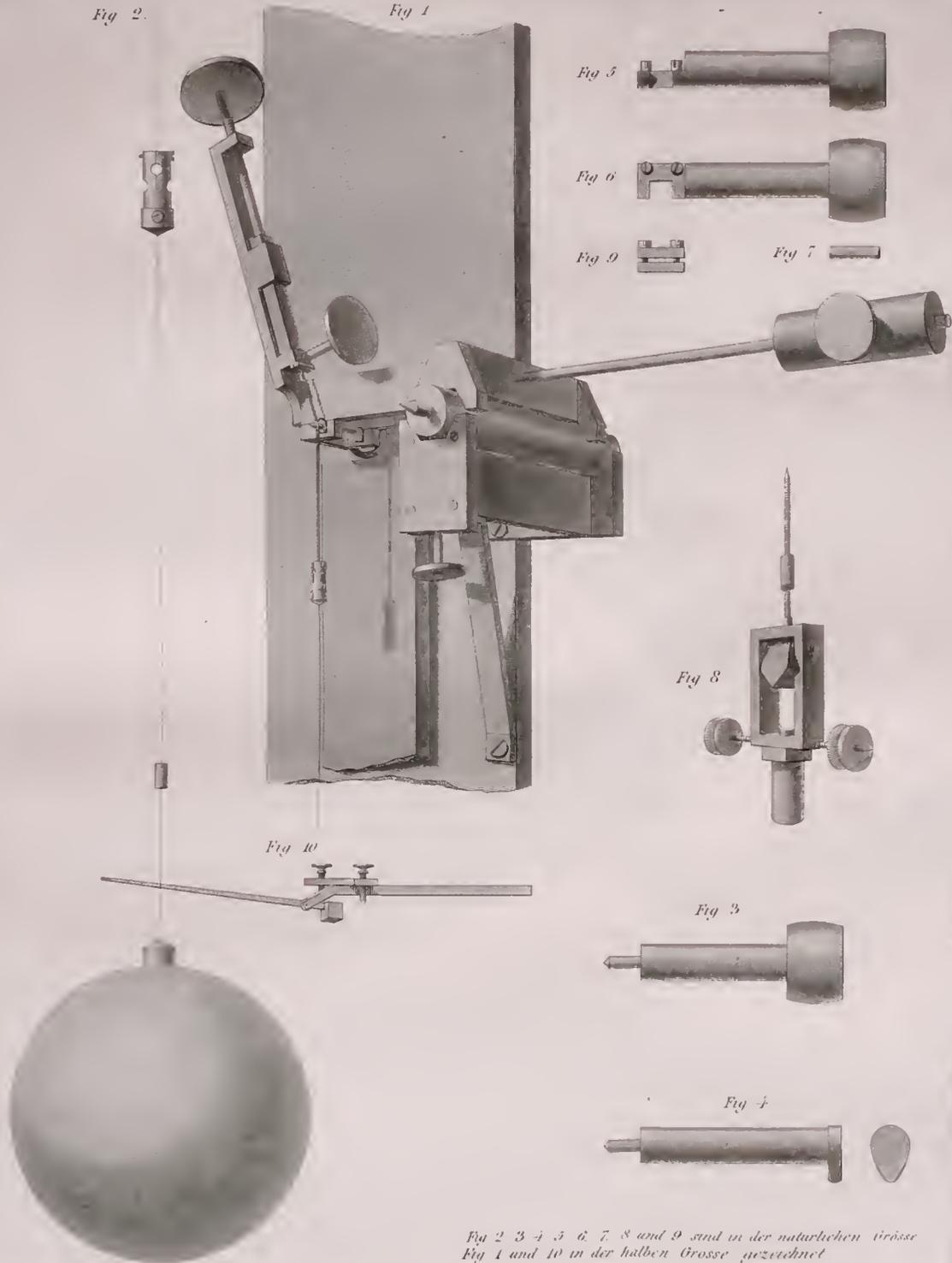


Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9 sind in der natürlichen Grösse
Fig. 1 and 10 in der halben Grösse gezeichnet

Über
die Bahn der Vesta.

Von
H^m. J. F. ENCKE.

~~~~~  
[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 23. Februar 1826.]

Bei der gegenwärtigen Untersuchung war es ein Hauptzweck, aufser der Bestimmung der eigentlichen Bahn der Vesta, auch einen Beitrag zur Prüfung des Newton'schen Gesetzes, daß die Körper sich ihren Massen proportional anziehen, zu liefern. Es läßt sich nicht läugnen, daß, wie eines unserer geehrten auswärtigen Mitglieder es ausdrückt (\*), die Data welche Newton seiner Annahme zum Grunde legte, andere Systeme keinesweges ausschließen, und in derselben Abhandlung ist eine Annahme ausführlicher dargelegt worden, welche den Erfahrungssätzen, auf denen das Newton'sche Gesetz sich stützt, eben so Genüge leistet, ohne doch die Anziehung allein den Massen proportional zu setzen. Schon früher hatte zuerst der berühmte Professor Joh. Tob. Mayer in Göttingen auf die Möglichkeit eines solchen Zweifels aufmerksam gemacht, und wenn seine bereits im Jahre 1806 gelesene Abhandlung, erst so lange nachher eine anderweitige Untersuchung veranlafte, so möchte vielleicht der Grund darin zu suchen sein, daß zu der Zeit in welcher Mayer schrieb, keine Erscheinung in unserm Planetensystem zu einer Änderung der einfachen Newton'schen Annahme Veranlassung geben konnte. Die bis dahin berechneten Planetenbewegungen schienen vollkommen dargestellt zu werden.

Die erste Veranlassung vielleicht die Möglichkeit einer Änderung vermuthen zu können, gaben die neuen Planeten. Vermöge der Lage ihrer Bahnen erleiden sie durch Jupiter so starke Störungen, daß die Anziehungskraft dieses mächtigsten der Planeten, aus ihrem Laufe sich mit demselben

---

(\*) Bessel: Untersuchungen des Theils der planetarischen Störungen welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht. Abl. der Berl. Akad. 1824.

Erfolge ableiten lassen dürfte, als Laplace und Bouvard es aus den Saturnsstörungen gethan haben. Eine sehr streng durchgeführte, wenn gleich in ihrem Detail noch nicht bekannt gemachte Untersuchung über die Bahn des Planeten, der am meisten zu einer solchen Entscheidung sich eignete, der Pallas, gab dem Herrn Hofrath Gaußs eine sehr merklich verschiedene Jupitersmasse von der, welche Laplace aus dem Saturn abgeleitet. Die Gaußsische Bestimmung war größer als die Laplace'sche, etwa in dem Verhältniß von 81 zu 80, und lag weit außer den Grenzen der Unsicherheit, welche Laplace seiner Jupitersmasse anweisen zu können glaubte. Eine von Herrn Professor Nicolai in Mannheim in gleichem Sinne durchgeführte Störungsrechnung für die Juno, gab sehr genähert dasselbe Resultat wie die Pallas. Bei den beiden letzteren Planeten schloß eine Jupitersmasse  $= \frac{1}{1053,924}$  sich den Beobachtungen besser als die neueste Bouvard'sche Masse  $\frac{1}{1070,5}$  an. Über die Ursache dieser Verschiedenheit ward von ihren Erfindern nichts geäußert, sondern nur die Thatsache als begründet angegeben.

Später fand noch bei einem andern Planeten, dem Uranus, eine Erscheinung statt, die ebenfalls bis jetzt unaufgeklärt geblieben ist. Seitdem Bode den glücklichen Gedanken gehabt, zu vermuthen, daß in älteren Sternverzeichnissen dieser Planet als Fixstern beobachtet vorkommen könne, und wirklich eine Beobachtung desselben in Tob. Mayer's Beobachtungs-Journal aufgefunden, hatten Bessel und Burkhardt, in Bradley's, Flamsteed's und Le Monniers's Papieren, ebenfalls eine nicht unbeträchtliche Zahl von Uranusbeobachtungen aufgefunden. Der neueste verdienstvolle Berechner der Jupiter- Saturn- und Uranustafeln, Bouvard, benutzte alle diese; allein es wollte ihm nicht gelingen, diese älteren Beobachtungen in Harmonie mit den neueren zu bringen; und er sah sich genöthigt, mit Beseitigung der älteren, sein Elementensystem bloß den neueren Beobachtungen anzuschließen. Es läßt sich selbst nicht läugnen, daß die Übereinstimmung, auch der Jupiters- und Saturnsbeobachtungen, noch nicht in den neuesten Tafeln den Grad von Genauigkeit erlangt hat, den man wünschen könnte. Theils die Größe der Fehler von 10'', theils die regelmässige Abwechslung in den Zeichen, können wohl zu der Vermuthung, daß noch eine unentdeckte Ursache der geringeren Anschließung vorhanden ist, Veranlassung geben.

In allen bisherigen Störungsrechnungen und Tafeln, sind die beiden Theile, die Einwirkung des störenden Planeten auf den gestörten unmittel-

bar, und die auf den Centalkörper, die Sonne, auf welchen wir die Planetenbewegungen beziehen, so zusammen verbunden und gemischt angegeben, daß man ohne weitläufigere Wiederholung der Rechnung beide nicht von einander trennen kann. Sollte indessen die Newton'sche Annahme nicht völlig strenge zu nehmen sein, so würde eine solche Trennung nothwendig. In der folgenden Behandlung habe ich deshalb die Einwirkung des Jupiters auf die Sonne strenge geschieden von der auf die *Vesta*, und bezeichne die Anziehungskraft des Jupiters in Bezug auf die Sonne mit  $2_{\odot}$ , auf die *Vesta* mit  $2_{\text{V}}$ , beide in den gewöhnlichen Einheiten verstanden.

*Vesta* der jüngste der neueren Planeten, ist bei seiner geringeren Neigung und Excentricität unter ihnen derjenige, auf welchen sich die Störungsformeln in analytischer Reihenentwicklung noch am besten anwenden lassen. Auch hat bereits Daussy, Tafeln für die *Vesta* geliefert, welche auf nicht mehr als neunjährige Beobachtung gegründet, doch den Lauf der *Vesta* mit verhältnißmäßiger Genauigkeit darstellen. Da indessen schon bei diesen Tafeln die Zahl der Gleichungen sehr groß ist, ohne daß man doch völlig sicher sein kann keine von Bedeutung übergangen zu haben, und der Unterschied der Anziehung, wenn er vorhanden ist, aller Wahrscheinlichkeit nach so klein ist, daß eine große Schärfe der Bestimmungen nöthig wird, so habe ich die numerische Ausführung der Integrationen durch mechanische Quadratur vorgezogen, bei welcher sich die Gewißheit einer großen Annäherung an die Wahrheit leichter erreichen läßt. Indessen haben Daussy's Tafeln mir doch die große Hülfe gewährt, die hauptsächlichsten periodischen Störungen durch Saturn und Mars aus ihnen entlehnen zu können. Die nachher aufgeführten sogenannten osculirenden Elemente, sind deshalb so zu verstehen, daß sie nur die Jupitersstörungen in sich begreifen. Von Saturn und Mars wird bei jeder einzelnen Ortsbestimmung auf die gewöhnliche Art Rechnung getragen.

Als Grundlage dienten Elemente, welche ich bei einer früheren Bestimmung aus den fünf Oppositionen 1818-1823 abgeleitet (\*). Mit ihnen wurde bis zu der Zeit der Entdeckung der *Vesta* zurückgegangen, und die Opposition von 1825 noch mitgenommen. Die Genauigkeit mit welcher diese Elemente alle 14 Oppositionen in diesen 18 Jahren darstellen, wie die

---

(\*) Berlin. Jahrb. 1827. 138.

nachherigen Bedingungsgleichungen ausweisen, liefs keinen Zweifel übrig, dafs sie nicht genau genug den jedesmaligen Ort der Vesta zum Behuf der Störungsrechnungen angegeben hätten. Als Zeitintervall wurde der Zeitraum von 42 Tagen gewählt, der der 12<sup>te</sup> Theil der mittleren synodischen Umlaufzeit der Vesta ist. Die Kleinheit dieses Intervalls erlaubte durch die Bildung von Differenzen sich gegen etwanige Fehler der Rechnung sicher zu stellen. Nach jedem 6<sup>ten</sup> oder 7<sup>ten</sup> Intervalle, einem Zeitraume von 252 oder 294 Tagen wurden die Elemente den inzwischen erfolgten Störungen gemäfs geändert, so dafs man immer annehmen kann, der heliocentrische Ort der Vesta sei mit einem Grade von Zuverlässigkeit berechnet, der in einigem Verhältnisse zu der Genauigkeit der Jupitersörter steht, welche aus den Bouvard'schen Tafeln genommen wurden. Als Jupitersmasse ward die Bestimmung von Nicolai

$$2\mu_{\text{V}} = 2\mu_{\text{J}} = \frac{1}{1053,924}$$

zum Grunde gelegt.

Eine erwünschte Prüfung dieser vorläufigen, aus den späteren Oppositionen hergeleiteten Elemente gewährten die ersten Beobachtungen gleich nach der Entdeckung durch Herrn Dr. Olbers. Bekanntlich ward die Beharrlichkeit, mit welcher Herr Dr. Olbers seiner so sinnreichen Hypothese zufolge, etwanige neue zur Familie der Asteroiden gehörige Himmelskörper in zwei bestimmten Himmelsgegenden lange Zeit hindurch suchte, am 29<sup>ten</sup> März 1807 durch die Entdeckung der Vesta auf das glänzendste belohnt. Der Planet hatte nur wenige Tage vorher in Opposition mit der Sonne gestanden, so dafs bei gut bestimmten Elementen, sich aus den ersten Beobachtungen die Opposition von 1807 wohl berechnen liefs. Meine vorläufigen Elemente von 1819 mittelst der Jupitersstörungen allein auf 1807 übertragen, gaben für diese ersten Beobachtungen

|      |         | Berech. — Beob. |        |
|------|---------|-----------------|--------|
|      |         | AR.             | Decl.  |
| 1807 | Marz 29 | — 47,6          | —      |
|      | "       | — 59,6          | + 30,6 |
|      | 30      | — 40,4          | —      |
|      | "       | — 34,8          | + 30,8 |
|      | "       | — 45,6          | + 9,8  |
|      | April 1 | — 44,7          | + 7,6  |
|      | 2       | — 36,4          | + 4,6  |
|      | 3       | — 38,2          | + 8,8  |
|      | 4       | — 40,6          | — 2,3  |

Im Mittel nahm ich, den besser stimmenden Declinationen allein folgend an:

$$\text{Diff. in AR.} - 43'', 1. \quad \text{Decl.} + 7'', 7$$

woraus die erste Opposition folgte:

$$\begin{aligned} 1807 \text{ März } 21 \quad 23^{\text{h}} \quad 0' \quad 58'', 7 \quad \text{Mittl. Par. Zeit.} \\ \text{Geoc. Länge} \quad 180^{\circ} \quad 51' \quad 53'', 1 \\ \text{» Breite} \quad + \quad 12 \quad 23 \quad 1, 7 \end{aligned}$$

etwas, jedoch nicht bedeutend verschieden von dem Werthe, welchen Herr Daussy bei seinen Tafeln zum Grunde gelegt hat.

Alle übrigen Oppositionen, deren Zeiten und Werthe in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind, nahm ich genau so, wie sie den von dem Herrn Hofrath Gaußs, Professor Gerling, und mir früher gemachten Berechnungen zufolge angesetzt waren. Vielleicht dafs eine nochmalige Reduction der Beobachtungen, wenn man im Besitze der Originale wäre, hin und wieder kleine Verschiedenheiten geben würde. Indessen fehlten theils diese Originalbeobachtungen, theils möchte die Unsicherheit der bei den ersten Oppositionen noch vorzugsweise angewandten Kreismikrometer, nicht viel kleiner sein als die etwanigen Correctionen durch genauere Sternörter. Seitdem Deutschland in den Besitz mehrerer der vorzüglichsten Meridian-Instrumente gekommen ist, und unsere ersten Astronomen diese neuen Planeten, welche im Auslande etwas vernachlässigt zu werden scheinen, ihrer sorgfältigen Aufmerksamkeit würdigen, wird der Werth der früheren Oppositionen sich verringern, sobald eine hinlängliche Anzahl sicher bestimmter vorhanden ist. Wenigstens möchten diese früheren Bestimmungen dann nur mit einem kleineren Gewichte in Anschlag zu bringen sein. Diese Oppositionen finden sich berechnet in folgenden Schriften:

#### Oppositionen der *Vesta*.

|                       |                |                    |               |
|-----------------------|----------------|--------------------|---------------|
| 1808. Monatl. Corr.   | XIX. 407.      | 1818. Astr. Jahrb. | 1821. p. 220. |
| 1810. ibid.           | XXI. 386.      | 1819. ibid.        | 1823. » 223.  |
| 1811. Astr. Jahrb.    | 1811. p. 248.  | 1821. ibid.        | 1824. » 224.  |
| 1812. Monatl. Corr.   | XXVII. 94.     | 1822. ibid.        | 1825. » 180.  |
| 1814. Gött. gel. Anz. | 1814. p. 1283. | 1823. ibid.        | 1827. » 137.  |
| 1815. Astr. Zeitschr. | I. 336.        | 1825. ibid.        | 1828. » 156.  |
| 1816. ibid.           | III. 324.      |                    |               |

Ihre Werthe und Zeiten, die letzteren auf den Pariser Meridian bezogen, die Längen vom mittleren Äquinoctium derselben Zeit an gezählt, denen ich den Radius vector und die Breite der Sonne nach Carlini's Tafeln hinzufüge, sind die folgenden.

| Opposition.<br>☾    | Mittl. Par. Zeit.      | Helioc. Länge.<br>☾ | Geoc. Breite.<br>☾ | Radius vector<br>der Sonne. | Breite<br>der Sonne. |
|---------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1807 März..... 21   | 23 <sup>h</sup> 0' 59" | 180° 54' 53,4       | + 12° 23' 17"      | 9,9987628                   | — 0,67               |
| 1808 September. 8   | 7 22 32                | 345 53 38,5         | — 11 0 25,8        | 0,0028190                   | + 0,10               |
| 1810 Januar .... 1  | 2 30 58                | 100 36 29,1         | — 0 30 51,2        | 9,9926628                   | + 0,66               |
| 1811 Mai ..... 25   | 12 14 6                | 243 48 43,9         | + 8 33 59,5        | 0,0058253                   | — 0,59               |
| 1812 October.... 25 | 8 24 19                | 32 17 40,8          | — 11 5 32,3        | 9,9970825                   | — 0,59               |
| 1814 Februar.... 13 | 8 35 15                | 144 34 54,5         | + 8 2 8,6          | 9,9947491                   | + 0,05               |
| 1815 Juli ..... 31  | 16 33 46               | 307 59 48,7         | — 5 29 31,3        | 0,0063511                   | — 0,03               |
| 1816 December.. 4   | 15 4 36                | 72 56 12,4          | — 5 50 30,7        | 9,9933919                   | + 0,43               |
| 1818 April ..... 8  | 23 55 40               | 199 1 49,7          | + 12 53 5,7        | 0,0010734                   | + 0,75               |
| 1819 September. 24  | 14 47 5                | 1 11 3,2            | — 11 50 51,8       | 0,0009986                   | — 0,83               |
| 1821 Januar .... 13 | 8 37 55                | 113 26 1,9          | + 2 5 28,5         | 9,9928389                   | + 0,40               |
| 1822 Juni ..... 15  | 22 53 30               | 264 38 53,0         | + 4 19 7,5         | 0,0069637                   | + 0,41               |
| 1823 November . 7   | 19 7 25                | 45 6 19,9           | — 9 53 28,8        | 9,9957116                   | + 0,17               |
| 1825 Februar.... 28 | 10 8 15                | 160 4 44,6          | + 10 20 12,0       | 9,9962575                   | — 0,16               |

Als Anfangsepoche für die Elemente ward der Zeitpunkt gewählt, den auch der Herr Hofrath Gaußs und Professor Nicolai bei der Pallas und Juno angenommen, nämlich der Anfang von 1810. Die vorläufigen Elemente darauf zurückgeführt, und nur in Kleinigkeiten geändert um runde Zahlen zu erhalten, waren um diese Zeit die folgenden:

Epoche 1810. Jan. 0 Mittl. Par. Zeit.

|                                          |                       |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Mittlere Länge.....                      | 105° 53' 10,0 = $L$   |
| Mittlere Anomalie .....                  | 216 5 50,0 = $M$      |
| Länge des Perihels.....                  | 249 47 20,0 = $\pi$   |
| Länge des aufsteigenden Knotens. . . . . | 103 7 50,0 = $\Omega$ |
| Neigung .....                            | 7 8 10,0 = $i$        |
| Excentricitätswinkel.....                | 5 9 45,0 = $\phi$     |
| { $e = \sin \phi$ }                      |                       |
| Mittlere tägliche siderische Bewegung    | 978,30000 = $\mu$     |

Für jedes der in den folgenden Tabellen angegebenen Zeitmomente, die stets den Oppositionen möglichst nahe gewählt sind, erhält man die in Bezug auf die Jupitersstörungen corrigirten Elemente, wenn man zu  $\pi$ ,  $\Omega$ ,  $i$ ,  $\phi$ ,  $\mu$ , die angegebenen Incremente addirt, zu  $L$  und  $M$  aber  $\mu t + \Delta L$ , und  $\mu t + \Delta M$  hinzufügt, wo  $t$  die seit 1810 verschlossenen mittleren Tage

bezeichnet, negativ genommen vor 1810, und  $\mu$  die obige Constante ist. Die Columnne  $\Delta M$  ward nur als eine Prüfung der Rechnung angesetzt, und unabhängig gefunden, woraus sich auch der hin und wieder statt findende Unterschied einiger Hunderttheile von Secunden zwischen  $\Delta M$  und  $\Delta L - \Delta \pi$  erklärt. Die erste Tabelle enthält die Incremente welche aus  $2\psi_{\oplus}$  folgen die zweite die aus  $2\psi_{\odot}$ .

$$\text{I. } 2\psi_{\oplus} = \frac{1}{1053,924}$$

| Datum.         | $t$     | $\Delta i$ | $\Delta \Omega$ | $\Delta \phi$ | $\Delta \pi$ | $\Delta \mu$ | $\Delta L$ | $\Delta M$ |
|----------------|---------|------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|------------|------------|
| 1807 Mrz. 22,0 | -1015   | + 6,85     | +307,39         | -619,49       | + 321,54     | -0,04690     | +1395,79   | +1074,22   |
| 1808 Sptb. 8,0 | - 479   | - 8,02     | +240,14         | -337,60       | + 783,90     | -1,97059     | + 716,97   | - 66,98    |
| 1810 Jan. 1,0  | + 1     | + 0,02     | + 0,01          | + 0,38        | + 2,00       | +0,00275     | + 0,11     | - 1,89     |
| 1811 Mai 26,0  | + 511   | + 3,02     | + 21,26         | + 54,10       | + 988,80     | +0,63988     | + 312,16   | - 676,61   |
| 1812 Octb.25,0 | +1029   | + 2,53     | + 22,98         | + 10,86       | +1768,06     | +0,22681     | + 678,60   | -1089,17   |
| 1814 Febr.13,0 | +1505   | -10,12     | + 7,56          | -238,97       | +1189,13     | -1,34189     | + 303,64   | - 885,19   |
| 1815 Aug. 1,0  | +2039   | -10,82     | -123,06         | -472,74       | +1538,19     | +0,09637     | - 219,04   | -1757,23   |
| 1816 Decb. 4,5 | +2530,5 | -10,56     | -102,92         | -503,81       | +1068,21     | +0,29685     | - 9,77     | -1077,98   |
| 1818 Apr. 9,0  | +3021   | -12,25     | -110,21         | -481,58       | + 105,83     | -0,32211     | + 107,65   | + 1,82     |
| 1819 Sptb.24,5 | +3554,5 | -17,86     | -152,53         | -249,12       | -2476,82     | -0,67935     | - 777,64   | +1699,17   |
| 1821 Jan. 13,5 | +4031,5 | -13,85     | -198,79         | - 99,71       | -3451,54     | +0,53529     | - 705,18   | +2716,07   |
| 1822 Jun. 15,5 | +4549,5 | -13,03     | -177,34         | - 52,69       | -2947,05     | +0,65913     | - 256,33   | +2690,72   |
| 1823 Nvb. 7,5  | +5059,5 | -14,55     | -203,35         | -119,55       | -1329,78     | -0,50007     | - 82,51    | +1247,23   |
| 1825 Febr.28,5 | +5538,5 | -20,99     | -235,68         | -408,03       | + 792,30     | -1,12276     | -1143,61   | -1935,94   |

$$\text{II. } 2\psi_{\odot} = \frac{1}{1053,924}$$

| Datum.         | $t$     | $\Delta i$ | $\Delta \Omega$ | $\Delta \phi$ | $\Delta \pi$ | $\Delta \mu$ | $\Delta L$ | $\Delta M$ |
|----------------|---------|------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|------------|------------|
| 1807 Mrz. 22,0 | -1015   | +0,72      | -61,90          | +297,13       | - 151,83     | -0,41075     | - 648,24   | - 496,42   |
| 1808 Sptb. 8,0 | - 479   | +5,05      | -60,33          | +139,76       | + 351,28     | +0,74576     | - 385,41   | - 736,68   |
| 1810 Jan. 1,0  | + 1     | -0,02      | - 0,01          | - 0,31        | - 2,93       | -0,00268     | + 0,12     | + 3,05     |
| 1811 Mai 26,0  | + 511   | -3,85      | -42,57          | - 36,06       | -1821,41     | -1,14367     | - 424,36   | +1397,04   |
| 1812 Octb.25,0 | +1029   | -2,30      | -45,32          | + 8,59        | -3109,00     | -0,29099     | - 982,02   | +2426,95   |
| 1814 Febr.13,0 | +1505   | +1,84      | -49,04          | +138,05       | -3724,08     | +0,47419     | - 782,79   | +2941,26   |
| 1815 Aug. 1,0  | +2039   | -1,25      | -11,09          | +274,25       | -3429,84     | -0,45201     | - 609,86   | +2819,94   |
| 1816 Decb. 4,5 | +2530,5 | -1,24      | -66,73          | +328,51       | -2356,47     | -0,89089     | -1157,42   | +1199,01   |
| 1818 Apr. 9,0  | +3021   | +2,80      | -57,30          | +338,47       | - 738,47     | +0,12819     | -1462,54   | - 724,08   |
| 1819 Sptb.24,5 | +3554,5 | +4,00      | -44,41          | +239,89       | + 351,49     | +0,42684     | -1031,78   | -1383,30   |
| 1821 Jan. 13,5 | +4031,5 | -1,71      | - 7,12          | + 68,07       | + 515,41     | -0,75913     | -1064,39   | -1579,83   |
| 1822 Jun. 15,5 | +4549,5 | -3,53      | -66,98          | - 22,67       | - 715,95     | -1,10462     | -1826,27   | -1110,35   |
| 1823 Nvb. 7,5  | +5059,5 | -0,25      | -42,15          | - 25,71       | -2636,98     | +0,19759     | -2060,44   | + 576,53   |
| 1825 Febr.28,5 | +5538,5 | +0,76      | -34,86          | + 55,80       | +3447,02     | +0,35763     | -1689,45   | +1757,56   |

Mit den so gebildeten jedesmaligen Elementen wurden die sämtlichen 14 Oppositionen berechnet, wobei den Daufsysehen Tafeln zufolge, die folgenden Störungen des Saturns und Mars bei der Länge in der Bahn und dem Radius vector (Einheiten der 7<sup>ten</sup> Decimale), so wie die Præcession von 1810 an hinzugefügt wurden. Die gefundenen Differenzen und Bedingungsgleichungen der geocentrischen Breite, wurden mit dem Differential-Coefficienten ( $\frac{d\beta}{db}$ ) ( $\beta$  heliocentr.,  $b$  geocentr. Breite) multiplicirt, dessen Logarithmus beigefügt ist, um die Bedingungsgleichungen allein auf den heliocentrischen Ort beziehen zu können.

| Jahr. | Præcess.   | ♄          |            | ♂          |            | lg. ( $\frac{d\beta}{db}$ ) |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|
|       |            | $\Delta u$ | $\Delta r$ | $\Delta u$ | $\Delta r$ |                             |
| 1807  | — 2' 19,48 | — 0,12     | — 90       | — 6,27     | — 60       | 9,75517                     |
| 1808  | — 1 5,78   | — 2,33     | + 86       | — 4,94     | + 99       | 9,76419                     |
| 1810  | + 0,15     | — 1,01     | — 136      | — 10,46    | + 111      | 9,78723                     |
| 1811  | + 1 10,15  | — 1,68     | — 108      | — 9,71     | — 79       | 9,72643                     |
| 1812  | + 2 21,45  | + 0,51     | — 112      | — 8,40     | + 90       | 9,78708                     |
| 1814  | + 3 26,86  | + 5,18     | — 43       | — 12,93    | + 68       | 9,77163                     |
| 1815  | + 4 40,15  | — 2,02     | — 14       | — 10,74    | — 102      | 9,73918                     |
| 1816  | + 5 47,76  | — 1,15     | — 187      | — 9,27     | + 64       | 9,79149                     |
| 1818  | + 6 55,15  | + 11,11    | — 74       | — 12,59    | + 19       | 9,74669                     |
| 1819  | + 8 8,48   | — 1,12     | + 132      | — 9,34     | — 118      | 9,77359                     |
| 1821  | + 9 13,99  | — 5,85     | — 66       | — 7,49     | + 31       | 9,78328                     |
| 1822  | + 10 25,26 | + 12,69    | — 167      | — 9,22     | — 27       | 9,72407                     |
| 1823  | + 11 35,33 | + 0,61     | + 218      | — 5,78     | — 122      | 9,79005                     |
| 1825  | + 12 41,11 | — 9,78     | + 157      | — 3,72     | — 2        | 9,76488                     |

In dem Systeme der Bedingungsgleichungen ist, der Gleichförmigkeit der Zahlen-Coefficienten wegen, bei  $\Delta\mu$ ,  $\Delta 2_{\text{♄}}$  und  $\Delta 2_{\text{♂}}$ , der Coefficient durch 1000 dividirt worden, so daß das aus der Elimination erhaltene  $\Delta\mu$ ,  $\Delta 2_{\text{♄}}$ ,  $\Delta 2_{\text{♂}}$  eigentlich 1000  $\Delta\mu$ , 1000  $\Delta 2_{\text{♄}}$ , 1000  $\Delta 2_{\text{♂}}$ , ist; letztere in Einheiten der oben angenommenen Jupitersmasse verstanden. Die Bedingungsgleichungen wurden durch eine mit stark veränderten Elementen durchgeführte Rechnung geprüft.

## Bedingungsgleichungen der heliocentrischen Länge.

|      |         |                                                                                                                                                                      |                                   |                                   |
|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1807 | - 19,36 | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,085 \Delta L - 1,102 \Delta \mu - 0,078 \Delta \pi \\ - 1,915 \Delta \phi - 0,007 \Delta \Omega - 0,026 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 2,674 $\Delta 2\lambda_{\odot}$ | - 1,260 $\Delta 2\lambda_{\odot}$ |
| 1808 | + 5,86  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,998 \Delta L - 0,178 \Delta \mu + 0,007 \Delta \pi \\ + 1,997 \Delta \phi - 0,005 \Delta \Omega - 0,051 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,045 "                         | - 0,103 "                         |
| 1810 | - 19,24 | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,855 \Delta L + 0,001 \Delta \mu + 0,137 \Delta \pi \\ - 0,981 \Delta \phi + 0,008 \Delta \Omega + 0,006 \Delta i \end{array} \right\}$ | 0,000 "                           | 0,000 "                           |
| 1811 | + 7,32  | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,200 \Delta L + 0,613 \Delta \mu - 0,201 \Delta \pi \\ - 0,218 \Delta \phi + 0,001 \Delta \Omega + 0,061 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,164 "                         | - 0,135 "                         |
| 1812 | - 0,78  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,878 \Delta L + 0,903 \Delta \mu + 0,129 \Delta \pi \\ + 1,178 \Delta \phi - 0,006 \Delta \Omega + 0,039 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,836 "                         | - 1,290 "                         |
| 1814 | - 14,65 | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,967 \Delta L + 1,455 \Delta \mu + 0,032 \Delta \pi \\ - 1,922 \Delta \phi + 0,001 \Delta \Omega - 0,062 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,792 "                         | - 1,142 "                         |
| 1815 | + 19,78 | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,102 \Delta L + 2,246 \Delta \mu - 0,107 \Delta \pi \\ + 1,754 \Delta \phi + 0,005 \Delta \Omega - 0,048 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 1,235 "                         | + 0,176 "                         |
| 1816 | - 9,08  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,837 \Delta L + 2,118 \Delta \mu + 0,159 \Delta \pi \\ - 0,107 \Delta \phi + 0,004 \Delta \Omega + 0,054 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,215 "                         | - 1,350 "                         |
| 1818 | + 8,07  | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,138 \Delta L + 3,439 \Delta \mu - 0,131 \Delta \pi \\ - 1,616 \Delta \phi - 0,008 \Delta \Omega + 0,013 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,888 "                         | - 2,115 "                         |
| 1819 | + 9,77  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,952 \Delta L + 3,384 \Delta \mu + 0,055 \Delta \pi \\ + 1,841 \Delta \phi - 0,007 \Delta \Omega - 0,026 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 1,335 "                         | - 0,520 "                         |
| 1821 | - 9,02  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,880 \Delta L + 3,548 \Delta \mu + 0,113 \Delta \pi \\ - 1,345 \Delta \phi + 0,007 \Delta \Omega - 0,022 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 0,877 "                         | - 0,970 "                         |
| 1822 | + 24,70 | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,187 \Delta L + 5,462 \Delta \mu - 0,193 \Delta \pi \\ + 0,554 \Delta \phi + 0,006 \Delta \Omega + 0,028 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,234 "                         | - 2,043 "                         |
| 1823 | + 2,47  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,857 \Delta L + 4,335 \Delta \mu + 0,147 \Delta \pi \\ + 0,785 \Delta \phi - 0,003 \Delta \Omega + 0,056 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 0,360 "                         | - 2,172 "                         |
| 1825 | + 4,30  | $\left\{ \begin{array}{l} + 1,018 \Delta L + 5,639 \Delta \mu - 0,015 \Delta \pi \\ - 2,015 \Delta \phi - 0,003 \Delta \Omega - 0,057 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 0,352 "                         | - 1,781 "                         |

## Bedingungsgleichungen der heliocentrischen Breite.

|      |         |                                                                                                                                                                      |                                   |                                   |
|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1807 | - 5,47  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,036 \Delta L - 0,024 \Delta \mu - 0,010 \Delta \pi \\ - 0,016 \Delta \phi - 0,026 \Delta \Omega + 0,977 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,055 $\Delta 2\lambda_{\odot}$ | - 0,030 $\Delta 2\lambda_{\odot}$ |
| 1808 | - 4,76  | $\left\{ \begin{array}{l} - 0,049 \Delta L + 0,012 \Delta \mu - 0,007 \Delta \pi \\ - 0,105 \Delta \phi + 0,057 \Delta \Omega - 0,889 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,038 "                         | - 0,014 "                         |
| 1810 | - 4,79  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,107 \Delta L - 0,000 \Delta \mu + 0,017 \Delta \pi \\ - 0,120 \Delta \phi - 0,124 \Delta \Omega - 0,044 \Delta i \end{array} \right\}$ | 0,000 "                           | 0,000 "                           |
| 1811 | - 10,08 | $\left\{ \begin{array}{l} - 0,115 \Delta L - 0,049 \Delta \mu + 0,019 \Delta \pi \\ + 0,097 \Delta \phi + 0,096 \Delta \Omega + 0,634 \Delta i \end{array} \right\}$ | - 0,002 "                         | - 0,007 "                         |
| 1812 | + 5,78  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,039 \Delta L + 0,030 \Delta \mu + 0,001 \Delta \pi \\ + 0,103 \Delta \phi - 0,041 \Delta \Omega - 0,945 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,025 "                         | - 0,035 "                         |
| 1814 | + 0,03  | $\left\{ \begin{array}{l} + 0,095 \Delta L + 0,151 \Delta \mu - 0,002 \Delta \pi \\ - 0,193 \Delta \phi - 0,093 \Delta \Omega + 0,661 \Delta i \end{array} \right\}$ | + 0,055 "                         | - 0,085 "                         |

|      |  |   |      |   |                                                              |   |   |                                           |   |                                  |
|------|--|---|------|---|--------------------------------------------------------------|---|---|-------------------------------------------|---|----------------------------------|
| 1815 |  | - | 6,61 | { | - 0,121 $\Delta L$ - 0,253 $\Delta \mu$ + 0,009 $\Delta \pi$ | } | + | 0,135 $\Delta 2\downarrow \ddot{\square}$ | - | 0,014 $\Delta 2\downarrow \odot$ |
| 1816 |  | + | 3,90 | { | + 0,090 $\Delta L$ + 0,222 $\Delta \mu$ + 0,017 $\Delta \pi$ | } | + | 0,022 " "                                 | - | 0,124 " "                        |
| 1818 |  | - | 1,21 | { | - 0,007 $\Delta L$ - 0,007 $\Delta \mu$ - 0,006 $\Delta \pi$ | } | - | 0,061 " "                                 | + | 0,046 " "                        |
| 1819 |  | - | 3,32 | { | - 0,018 $\Delta L$ - 0,071 $\Delta \mu$ - 0,008 $\Delta \pi$ | } | + | 0,060 " "                                 | + | 0,001 " "                        |
| 1821 |  | + | 1,48 | { | + 0,109 $\Delta L$ + 0,442 $\Delta \mu$ + 0,013 $\Delta \pi$ | } | - | 0,082 " "                                 | - | 0,122 " "                        |
| 1822 |  | - | 6,48 | { | - 0,141 $\Delta L$ - 0,649 $\Delta \mu$ + 0,024 $\Delta \pi$ | } | - | 0,054 " "                                 | + | 0,228 " "                        |
| 1823 |  | + | 1,46 | { | + 0,058 $\Delta L$ + 0,285 $\Delta \mu$ + 0,007 $\Delta \pi$ | } | + | 0,003 " "                                 | - | 0,141 " "                        |
| 1825 |  | + | 1,54 | { | + 0,076 $\Delta L$ + 0,430 $\Delta \mu$ - 0,008 $\Delta \pi$ | } | - | 0,050 " "                                 | - | 0,102 " "                        |

Sucht man aus diesen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der Correctionen, so daß man sie und die übrig bleibenden Fehler als Functionen der Jupitersmasse darstellt, so erhält man folgende Elemente :

Epoche 1810. Januar 0. Mittl. Par. Zeit und Mittl. Aequin.

$$L = 105^{\circ}53'15''63 - 0,644 \Delta 2\downarrow \ddot{\square} + 0,504 \Delta 2\downarrow \odot$$

$$M = 216 \quad 4 \quad 48,72 - 1,607 \quad " \quad - 0,513 \quad "$$

$$\pi = 249 \quad 48 \quad 26,91 + 0,963 \quad " \quad + 1,017 \quad "$$

$$\Omega = 103 \quad 8 \quad 20,48 + 0,007 \quad " \quad + 0,116 \quad "$$

$$i = 7 \quad 8 \quad 11,61 + 0,020 \quad " \quad - 0,907 \quad "$$

$$\phi = 5 \quad 9 \quad 39,17 + 0,334 \quad " \quad - 0,187 \quad "$$

$$\mu = 978,29671 + 0,0002512 \quad " \quad + 0,0002311 \quad "$$

und die übrig bleibenden Fehler sind :

Fehler in heliocentrischer Länge.

Rechnung — Beobachtung.

|      |  |   |       |   |                                           |   |                                    |
|------|--|---|-------|---|-------------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1807 |  | - | 3',95 | + | 0,983 $\Delta 2\downarrow \ddot{\square}$ | - | 0'',691 $\Delta 2\downarrow \odot$ |
| 1808 | \| | + | 1,64  | - | 0,045 " "                                 | - | 0,077 " "                          |
| 1810 | \| | + | 0,71  | - | 0,746 " "                                 | + | 0,754 " "                          |
| 1811 | \| |  | 0,00  | - | 0,721 " "                                 | + | 0,447 " "                          |
| 1812 | \| | + | 2,80  | + | 1,015 " "                                 | - | 0,729 " "                          |
| 1814 | \| | - | 0,71  | - | 0,076 " "                                 | + | 0,073 " "                          |
| 1815 | \| | + | 1,29  | - | 0,899 " "                                 | + | 0,815 " "                          |
| 1816 | \| | + | 0,16  | + | 0,327 " "                                 | - | 0,287 " "                          |
| 1818 | \| | + | 3,63  | + | 0,354 " "                                 | - | 0,579 " "                          |
| 1819 | \| | - | 3,34  | - | 0,430 " "                                 | + | 0,453 " "                          |
| 1821 | \| | - | 0,17  | - | 0,893 " "                                 | + | 0,659 " "                          |
| 1822 | \| | - | 2,31  | + | 0,827 " "                                 | - | 0,496 " "                          |
| 1823 | \| | - | 1,74  | + | 0,582 " "                                 | - | 0,737 " "                          |
| 1825 | \| | + | 2,03  | - | 0,279 " "                                 | + | 0,396 " "                          |

## Fehler in heliocentrischer Breite.

|      |        |         |                        |         |                        |
|------|--------|---------|------------------------|---------|------------------------|
| 1807 | — 4,97 | + 0,030 | $\Delta 24_{\text{♃}}$ | — 0,034 | $\Delta 24_{\text{♄}}$ |
| 1808 | — 4,64 | + 0,014 | "                      | — 0,011 | "                      |
| 1810 | — 6,19 | — 0,091 | "                      | + 0,080 | "                      |
| 1811 | — 5,91 | + 0,123 | "                      | — 0,068 | "                      |
| 1812 | + 2,61 | + 0,024 | "                      | — 0,025 | "                      |
| 1814 | — 0,69 | — 0,022 | "                      | + 0,017 | "                      |
| 1815 | — 1,84 | + 0,076 | "                      | — 0,068 | "                      |
| 1816 | + 0,60 | + 0,034 | "                      | — 0,024 | "                      |
| 1818 | — 0,09 | — 0,015 | "                      | + 0,014 | "                      |
| 1819 | — 4,45 | + 0,021 | "                      | — 0,020 | "                      |
| 1821 | — 0,90 | — 0,084 | "                      | + 0,065 | "                      |
| 1822 | + 0,73 | — 0,106 | "                      | + 0,017 | "                      |
| 1823 | — 2,67 | + 0,063 | "                      | — 0,060 | "                      |
| 1825 | + 0,14 | — 0,028 | "                      | + 0,040 | "                      |

Die Fehler der Breite können nichts entscheiden über die Jupitersmasse, bei jeder Annahme werden sie ungefähr dieselbe Gröfse behalten, die großentheils in der Unvollkommenheit der Hilfsmittel mit welchen die ersteren Oppositionen beobachtet wurden, und der Unsicherheit der Sternörter ihren Grund hat. Auch der gröfsere Fehler bei der Opposition 1819 trifft auf eine Opposition, welche ich allein aus meinen Seeberger Beobachtungen herleiten konnte, wo das Höhen messende Instrument, sehr gegen die neueren Meridiankreise, und das Königsberger bei einigen früheren Oppositionen angewandte Instrument zurück stand.

Ähnlich ist das Verhalten der Längenfehler in Hinsicht auf die Gröfse derselben. Fast durchaus finden die gröfseren Fehler da statt, wo wenige und weniger sichere Beobachtungen benutzt werden mußten. Die Übereinstimmung kann in dieser Beziehung fast vollkommen genannt werden.

Bildet man die Quadrate der Längenfehler, (ihre Summe wenn  $\Delta 24_{\text{♃}}$  und  $\Delta 24_{\text{♄}} = 0$  gesetzt wird ist = 65,68) so läfst sich ihr mit Beibehaltung der etwanigen Massencorrectionen die folgende Form geben:

$$59,65 + 0,3116 (\Delta 24_{\text{♄}} - 3,697)^2 \\ + 6,2007 (\Delta 24_{\text{♃}} - 0,818 \Delta 24_{\text{♄}} - 0,534)^2$$

woraus man sieht dafs durch die Masse nach Nicolai angenommen, die sämtlichen Oppositionen so gut dargestellt werden, wie nur irgend erreicht werden kann. Die kleine mögliche Verringerung wird wohl als ganz unentscheidend betrachtet werden können.

Merklich geringer wird dagegen der Anschluß im allgemeinen, wenn man die neueste Masse von Bouvard  $\frac{1}{1070,5}$  anwendet. Für diese wird

$$\Delta 24_{\text{♁}} = \Delta 24_{\text{♃}} = - 15,18$$

wodurch die Längen und Breitenfehler werden

|        |        |
|--------|--------|
| - 8,47 | - 4,91 |
| + 3,52 | - 4,68 |
| + 0,58 | - 5,97 |
| + 4,24 | - 6,77 |
| - 1,63 | + 2,63 |
| - 0,65 | - 0,61 |
| + 2,59 | - 1,96 |
| - 0,47 | + 0,45 |
| + 7,12 | - 0,07 |
| - 3,70 | - 4,46 |
| + 3,44 | - 0,61 |
| - 7,43 | + 1,63 |
| + 0,66 | - 2,71 |
| + 0,22 | - 0,05 |

Die Summe der Quadrate der ersteren allein wird = 244,61, oder der mittlere Fehler etwa doppelt so groß als bei der ersteren Annahme. Es scheint hiernach ziemlich wahrscheinlich, daß im Ganzen die Vesta die Resultate aus der Pallas und Juno bestätigt.

Bezeichnet man eine etwanige Differenz zwischen  $24_{\text{♁}}$  und  $24_{\text{♃}}$  durch  $\Delta$  oder setzt

$$24_{\text{♁}} = 24_{\text{♃}} \pm \Delta$$

so giebt der obige Ausdruck zu erkennen, daß, welches Zeichen man auch dem  $\Delta$  geben mag, immer bei einem merklichen  $\Delta$ , welches nicht einmal der Differenz zwischen Bouvard und Nicolai gleich zu kommen braucht, doch die Fehler merklich größer werden, da man in dieser Hypothese doch von dem gegenwärtigen Werthe von  $24_{\text{♃}}$  sich nicht weit entfernen darf. Behielte man z. B. für  $24_{\text{♃}}$  die Nicolai'sche Masse bei, und setzte die Differenz =  $\pm \frac{1}{100}$  der angenommenen, so würde in den beiden Fällen die Fehlertabelle der Längenfehler:

|        |        |
|--------|--------|
| + 5,9  | - 13,8 |
| + 1,2  | + 2,0  |
| - 6,7  | + 8,1  |
| - 7,2  | + 7,2  |
| + 13,0 | - 7,3  |
| - 1,5  | 0,0    |
| - 7,7  | + 10,2 |
| + 3,4  | - 3,0  |
| + 7,2  | + 0,1  |
| - 7,6  | + 1,0  |
| - 9,1  | + 8,7  |
| + 5,9  | - 10,6 |
| + 4,1  | - 7,6  |
| - 0,8  | + 4,8  |

deren Summe der Quadrate jedesmal 600 überschreitet, oder das zehnfache von der auf gewöhnlichem Wege gefundenen ist. So viel die bisherigen Oppositionen schließsen lassen, scheint daher *Vesta* für das Newton'sche Gesetz der einfachen Proportionalität der Anziehung mit den Massen zu sprechen.

Endlich sind die letzten Divisoren von  $L\mu\pi\phi\Omega i$ , der Ordnung nach bei allen 28 Gleichungen

$$6,343; 59,116; 0,211; 29,400; 0,101; 7,434.$$

Nimmt man als mittleren Fehler im Maximum für eine einzelne Stellung  $4''$  an, eine Schätzung die vielleicht nicht zu klein sein mag, so ist der mittlere Fehler von

|                    |         |
|--------------------|---------|
| $L$ . . . . .      | 1,6     |
| $\mu$ . . . . .    | 0,00052 |
| $\pi$ . . . . .    | 8,7     |
| $\phi$ . . . . .   | 0,7     |
| $\Omega$ . . . . . | 12,6    |
| $i$ . . . . .      | 1,5     |

wornach sich hoffen läßt, daß eine Verbesserung der Elemente erst nach einer größeren Anzahl von neuen gut bestimmten Oppositionen nöthig sein dürfte.





Über das  
Gleichgewicht eines freien materiellen Punktes.

Von  
H<sup>rn</sup>. DIRKSEN.

~~~~~  
[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 2. März 1826.]

Uⁿter den verschiedenen Zweigen der Mathematik, welche die Theorie der allgemeinen und räumlichen Gröſſen als bekannt voraussetzen, dürfte beschwerlich einer nachzuweisen seyn, der, in sofern man den Hauptbegriff desselben, sowohl in Bezug auf die Form, als auf den Inhalt, als ein Gegebenes betrachtet, in seinen Ergebnissen zu einer höheren Stufe der Ausbildung gelangt wäre, als die rationelle Mechanik. Obgleich durch die Betrachtung der Naturerscheinungen erzeugt, und in ihrer Entwicklung geleitet, ist dennoch ihr Gegenstand, wenigstens seinem Inhalte nach, zu der möglich größten Allgemeinheit erhoben, und sind für die Lösung ihrer Probleme (was namentlich die Bildung der analytischen Gleichungen anbelangt, von denen solche abhängig gemacht werden kann) Methoden ermittelt worden, denen in mancher Beziehung der Character der Vollendung kaum streitig zu machen seyn dürfte.

So allgemein sie nun ihren Gegenstand, dem Inhalte nach, unter der fixirten Form, behandelt, eben so einfach ist sie auch in Beziehung auf die Idee, nach welcher sie ihren systematischen Zusammenhang zu verwirklichen sucht. Indem sie namentlich ihre Hauptbetrachtungen zunächst auf die Bedingungen des Gleichgewichts eines, von drei Kräften angeregten, freien materiellen Punktes richtet, schreitet sie, nach einer leichten Verallgemeinerung des erhaltenen Lehrsatzes, zur Betrachtung eines bedingten Punktes fort, macht darauf zu einem bestimmten Systeme von materiellen Punkten den Übergang, und erhebt sich endlich zu der Bestimmung der Bedingungen des Gleichgewichts für ein System von materiellen Punkten überhaupt. Aus

der, auf diesem Wege gewonnenen allgemeinen statischen Gleichung, in Verbindung mit einem, an sich beliebigen, Satze, welcher die Relation zwischen der Intensität einer Kraft und der entsprechenden Geschwindigkeit feststellt, leitet sie ferner die allgemeine Gleichung für die Dynamik ab, aus welcher sich alsdann die besonderen Gleichungen, nach Maafsgabe der Individualität des Problems, mittelst Specialisirung der unbestimmt gehaltenen Elemente, und durch analytische Rechnung, nach einer festen Methode, ermitteln lassen.

Hiernach ist es einleuchtend, dafs, wofern in diesem Gebiete noch etwas Wesentliches zu leisten übrig seyn soll, solches nur wird bestehen können, theils in einer schärfern Begründung jenes Lehrsatzes an sich; theils in der Vermittelung eines strengeren Überganges von diesem zu den folgenden Hauptmomenten der Wissenschaft; theils endlich in der Ausbildung der analytischen Methoden für die Behandlung der Specialgleichungen, die, nach Maafsgabe der Verschiedenheit der Fälle, aus der allgemeinen entspringen.

Was jenen Lehrsatz, die Bedingungen des Gleichgewichts eines, von drei Kräften angeregten, freien materiellen Punktes betreffend, anbelangt, so wurde derselbe Anfangs aus der Betrachtung der zusammengesetzten Bewegung entlehnt. Daniel Bernoulli war es aber, der, in den *Comment. acad. Petrop. An. 1726*, darauf aufmerksam machte, dafs, da der Satz für die zusammengesetzte Bewegung auf der, an sich nicht nothwendigen, Annahme der Proportionalität zwischen der Intensität einer Kraft und dem Quotienten des Increments der Geschwindigkeit durch das Element der Zeit, beruhe, auf diesem Wege keine strenge Nothwendigkeit für den in Rede stehenden Lehrsatz zu erlangen sei, und es versuchte, einen so genannten geometrischen Beweis desselben zu Stande zu bringen. Die Idee, welcher Bernoulli in diesen seinen Bestrebungen zu entsprechen trachtete, war keine andere, als diejenige, nach welcher die alten Geometer ihre wissenschaftlichen Lehrgebäude auf eine so musterhafte Weise aufzuführen pflegten; und was man auch, bis auf den heutigen Tag, an den daraus entsprungenen Leistungen abzuändern gefunden haben mag, so dürfte dennoch, da die Satzungen, von denen der Auslauf genommen, meistentheils dieselben geblieben sind, das Verdienst von Bernoulli, auch in dieser Beziehung, als ein wesentliches zu betrachten bleiben.

In sofern man aber die Anforderung festhält, nach dem Vorbilde der Alten, blofs von allgemeinen Verstandessätzen, in Verein mit Erklärungen auszugehen, welche die besonderen, den Gegenstand der Wissenschaft bildenden, Begriffe nach ihren Merkmalen darlegen, und, mittelst synthetischen Fortschreitens, die Nothwendigkeit des Zusammengesetzten durch eine zweckgemäße Verbindung jenes Einfachern darzuthun, dürften die in Rede stehenden Leistungen Bernoulli's einiges zu wünschen übrig lassen. Denn erstlich wird hier die synthetische Erklärung der beiden Hauptbegriffe vermisst, welche allein, in Verbindung mit den, als bekannt vorausgesetzten, rein mathematischen, der Statik zur Grundlage dienen sollen. Zweitens dürften, bereits aus diesem Grunde, von den vier Grundsatzungen, von welchen der Auslauf genommen wird, die beiden letzten, wenigstens vor der Hand, bezweifelt werden können. Endlich drittens dürften jene Satzungen selbst, zum Behuf einer vollkommen strengen Durchführung der Demonstrationen, an und für sich betrachtet, beschwerlich für hinreichend zu erkennen seyn. Blickt man ferner auf den Übergang, der von diesem Falle, nach gehöriger Verallgemeinerung desselben, zu den folgenden Momenten der Wissenschaft, nach und nach, genommen zu werden pflegt, so dürfte es auch schwerlich zu läugnen seyn, dafs in demselben der Grad von Evidenz und strenger Nothwendigkeit noch stets vermisst wird, welcher uns die Geometrie der Alten so schätzbar macht.

Folgende Betrachtungen enthalten daher einen anspruchslosen Versuch, sowohl um Bemerkungen dieser Art in Bezug auf die Begründung des besprochenen Lehrsatzes zu beseitigen, als auch, um zu einer strengeren Vermittelung des Überganges von diesem zu den übrigen Hauptmomenten der Wissenschaft den Grund zu legen. Dafs dieser Versuch sich von allen seinen Vorgängern, in mehreren Punkten, so wesentlich unterscheidet, dürfte um so weniger befremden, als Bestrebungen eines ganzen Jahrhunderts, an und für sich betrachtet, schon hinlänglich darauf hinzudeuten scheinen, dafs durch eine Änderung in der Stellung und Aufeinanderfolge der Grundsatzungen nichts mehr zu gewinnen sei. Der Zweck war hier, die allgemeinen Begriffe von einem materiellen Punkt und einer Kraft, wie solches der wissenschaftliche Gang erfordert, in ihren einfachsten Formen aufzustellen, und aus diesen, blofs unter Zuziehung von Sätzen, welche sich theils auf unsere Erkenntniß überhaupt, theils auf Gegenstände der reinen Mathematik

insbesondere, beziehen, ohne irgend einen besondern Grundsatz für das in Rede stehende Gebiet selbst, mittelst synthetischen Fortschreitens und Kraft des Satzes des Widerspruchs, die, zur Lösung des allgemeinen Problems, dienlichen Lehrsätze zu ermitteln. Entsprechen also die folgenden Bestrebungen diesem Zwecke nicht, so dürfte dadurch, in sofern das Wissen in diesem Gebiete auch das Resultat einer, wenigstens in sich, wissenschaftlichen Erkenntniß bilden soll, die Nothwendigkeit einer Wiederaufnahme des Gegenstandes ausgesprochen seyn.

Was endlich den hier gewählten Gang, mehr im Einzelnen betrachtet, anbelangt, so ist es dem Verfasser nicht entgangen, daß derselbe sehr wohl der Abänderung, und auch der Abkürzung fähig ist. Da ihn solches jedoch auf mehr bekante Behandlungsweisen geführt haben würde, die der hier beabsichtigten Evidenz nicht vorzugsweise förderlich zu seyn schienen, so hat er keinen Anstand genommen, sich die größere Ausdehnung gefallen zu lassen.

§. 1.

Erklärung 1. Dinge von einerlei Qualität heißen ähnlich, von einerlei Quantität gleich; Dinge, die ähnlich und gleich zusammen sind, und daher bloß in Ansehung ihrer Stelle im absoluten Raume und in der absoluten Zeit von einander verschieden seyn können, heißen congruent.

Erkl. 2. Unter einer intensiven GröÙe wird hier eine solche GröÙe verstanden,

I. von welcher, an und für sich betrachtet, die dem Ganzen ähnlichen Theile, wie bei jeder stetigen GröÙe, nach Belieben klein gedacht werden können;

II. die, auf andere, ihr gleichartigen, GröÙen bezogen, congruent ist mit jeder Mehrzahl derselben, von denen eine jede insbesondere ihr ähnlich, und die Summe der Quantitäten ihrer Quantität selbst gleich ist, in sofern man sich die Quantitäten insgesamt auf einerlei Einheit bezogen denkt; und umgekehrt, von welcher jede, unter einander ähnliche Mehrzahl congruent ist mit einer einzigen, die in Absicht auf die Qualität mit einer jeden von ihnen einerlei, und deren Quantität der Summe der Quan-

titäten von jenen, sämtliche Quantitäten auf einerlei Einheit bezogen gedacht, gleich ist.

§. 2.

Bekanntlich muß jeder äußere Gegenstand, mit Nothwendigkeit, als zu irgend einem Augenblick der absoluten Zeit, und an irgend einer Stelle des absoluten Raumes vorhanden vorgestellt werden. Indem man nun den so fixirten Gegenstand mit dem Fließen der Zeit festhält, sind für seine Beziehung zu dem absoluten Raume, offenbar zwei Fälle denkbar: es kann namentlich sein Ort in diesem, entweder als stets derselbe bleibend, oder, als sich mit der Zeit beständig ändernd, gedacht werden. Daher

Erkl. 3. Bleibt der Ort des Gegenstandes in dem absoluten Raume, oder die Beziehung desselben zu dem absoluten Raum, mit dem Fließen der Zeit, stets derselbe, so sagt man, daß der Gegenstand im Zustande der Ruhe, oder in Ruhe, sei; ändert sich aber dieser Ort, oder die Beziehung des Gegenstandes zu dem absoluten Raume, mit dem Fließen der Zeit, beständig, so sagt man, daß der Gegenstand sich im Zustande der Bewegung, oder in Bewegung, befinde.

Für einen gegebenen Zeitpunkt kann also ein gewisser Zustand der Ruhe von einem andern Zustand der Ruhe nur durch die Stelle des absoluten Raumes, wo der Gegenstand als vorhanden gedacht wird, verschieden seyn, indefs ein gewisser Zustand der Bewegung sich von einem andern Zustand der Bewegung unterscheiden kann, nicht blofs durch den Ort, wo der Gegenstand sich gleichsam befindet, sondern auch zugleich durch denjenigen Ort, zu welchem er unmittelbar übergeht, so wie auch durch die Länge des Weges, den er, von demselben Zeitpunkte an, sofern man ihn stets als in demselben, mit dem in Rede stehenden einerlei, Zustand der Bewegung beharrend denkt, in einem gegebenen Zeitraum, zurücklegt. Daher

Erkl. 4. Dasjenige Moment in dem Zustande der Bewegung, durch welches der Ort im Raume bestimmt wird, zu welchem der Gegenstand, für einen gegebenen Zeitpunkt, von einem gegebenen Orte aus, unmittelbar übergeht, heißt die Richtung der Bewegung, dem gegebenen Zeitpunkte entsprechend; während dasjenige Moment, durch welches die Länge des Weges bestimmt wird, den der Gegenstand, von einem gegebenen Zeitpunkte an, in sofern man ihn als beständig in einem und demselben, mit dem für den gegebenen Zeitpunkt statt findenden einerlei, Zustand der Bewegung beharrend

denkt, in einem bestimmenden Zeitraum zurücklegt, die Geschwindigkeit der Bewegung, dem gegebenen Zeitpunkt angehörend, genannt wird.

Verbindet man hiermit Erkl. 1, so ergibt sich folgender

- Lehrs. 1. *a)* Alle Zustände der Ruhe eines Gegenstandes sind congruent.
b) Zwei Zustände der Bewegung sind congruent, wenn ihre Richtungen einerlei, d. h. einander parallel, und die Geschwindigkeiten einander gleich sind; und umgekehrt.

§. 3.

Erkl. 5. Unter einem materiellen Punkte wird hier etwas verstanden, was

I. an und für sich betrachtet, ein äußerer Gegenstand überhaupt, und, der Ausdehnung nach, mit einem geometrischen Punkte einerlei ist;

II. in seiner räumlichen Beziehung rücksichtlich der absoluten Zeit betrachtet, in einem beständig derselbe bleibenden, jedoch stets jedweder Abänderung fähigen, Zustand, entweder der Ruhe, oder der Bewegung sich befindet.

Der materielle Punkt, lediglich an und für sich und in seiner räumlichen Beziehung rücksichtlich der absoluten Zeit betrachtet, wird auch, der Kürze wegen, ein freier materieller Punkt; und diejenige Eigenschaft, vermöge welcher sein Zustand der Ruhe oder der Bewegung, lediglich auf die absolute Zeit bezogen gedacht, als unveränderlich anzusehen ist, seine Trägheit genannt.

Anmerk. Die Erklärung dessen, was unter einem materiellen Punkt verstanden werden soll, in sofern man ihn auf andere materiellen Punkte bezogen denkt, kann offenbar bei der Betrachtung eines freien materiellen Punktes entbehrt werden.

Erkl. 6. Unter einer Kraft wird hier etwas verstanden, was

I. an und für sich betrachtet, aufser den Merkmalen einer allgemeinen intensiven Gröfse, noch das qualitative Merkmal einer Richtung enthält;

II. in Beziehung auf einen freien materiellen Punkt betrachtet, mit diesem verbunden, und nur so verbunden, gedacht werden kann, daß daraus, ohne die Qualität von diesem in irgend einer andern Beziehung zu modificiren, mit dem Augenblick der Verbindung selbst, ein, rücksichtlich der Ruhe oder der Bewegung, veränderter Zustand für den Punkt als mit Nothwendig-

keit hervorgehend gedacht werden muß, der durch den Zustand des Punktes selbst in eben dieser Beziehung, und durch die Quantität und Qualität der Kraft völlig bestimmt, d. h. nur mit diesen Momenten veränderlich, und rücksichtlich der absoluten Zeit ebenfalls beständig ist;

III. umgekehrt, von jedem, in Absicht auf Ruhe oder Bewegung so gedachten, veränderten Zustande als die, rücksichtlich der Quantität und Qualität gleichfalls völlig bestimmte, Ursache angesehen werden kann.

Anmerk. Die Bedeutung des abgekürzten Ausdrucks: völlig bestimmt ist hier nicht zu übersehen. „*A* wird durch *B*, *C*, *D* u. s. w. völlig bestimmt“ soll hier nichts weiter heißen, als *A* ist dasselbe, wenn *B*, *C*, *D* u. s. w. resptv. dieselben sind.

Erkl. 7. Die Gröfse oder Quantität einer Kraft soll ihre Intensität genannt werden.

Anmerk. In sofern man eine Kraft lediglich in Beziehung auf ihre Stetigkeit, Intensität und Richtung auffasst, von den besonderu Merkmalen einer intensiven Gröfse also, für einen Theil, abstrahirt, sind gerade Linien, von einem gemeinschaftlichen Punkte aus gezogen, besonders geeignet, von der gegenseitigen Beziehung mehrerer Kräfte eine graphische Darstellung zu gewähren. Das, allen Kräften gemeinschaftliche, Merkmal der Stetigkeit kann alsdann durch eben diese, allen geraden Linien gleichfalls angehörende Eigenschaft, das Verhältniß der Intensitäten von jenen durch das Verhältniß der Längen von diesen, und die gegenseitige Beziehung der Richtungen der Kräfte durch die der Richtungen der Linien selbst, als repräsentirt angesehen werden. Es ist unter diesem Gesichtspunkte, daß man sich der bezeichneten Darstellungsweise sehr häufig und mit Nutzen zu bedienen pflegt.

Erkl. 8. Der üblichen Form gemäfs, soll die Verbindung von einer Kraft mit einem materiellen Punkte, als eine Einwirkung oder Anregung von Seiten der Kraft auf den Punkt bezeichnet werden.

Erkl. 9. Derjenige Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung, in welchen der materielle Punkt vor der Einwirkung von irgend einer der hier betrachteten Kräfte gedacht wird, soll der ursprüngliche Zustand desselben genannt werden.

§. 4.

L e h n s ä t z e.

- I. Dinge welche congruent sind, lassen sich einander substituiren, d. h. was von dem einen in irgend einer Beziehung gilt, wird auch von einem jeden der übrigen, in eben dieser Beziehung gedacht, gelten, und umgekehrt.
- II. Alle geometrischen Punkte sind congruent.

§. 5.

Auf die vorigen Erklärungen und die obigen zwei Lehrsätze vorzugsweise gestützt, schreiten wir jetzt zu der Betrachtung von freien materiellen Punkten im ursprünglichen Zustande und von Kräften, respt. untereinander.

Da ein freier materieller Punkt, im ursprünglichen Zustande gedacht, bestimmt wird durch die Begriffe eines änfserlichen Gegenstandes überhaupt, und eines geometrischen Punktes, in Vereinmit dem qualitativen Merkmal des Zustandes in Absicht auf Ruhe und Bewegung, in welchem er sich befindet (Erkl. 5.); und da alle geometrischen Punkte congruent sind (Lehns. II.): so folgt, vermöge Erkl. 1, dafs alle freien materiellen Punkte, in ihrem ursprünglichen Zustande, wofern sie sich rücksichtlich der Ruhe oder Bewegung in einerlei Zustande befinden (s. Lehrs. 1, *b.*), congruent sind. Da ferner das Verhältnifs eines freien materiellen Punktes zu einer Kraft, blofs von dieser und dem Zustande des Punktes, rücksichtlich Ruhe und Bewegung abhängig, und daher, die Kraft als gegeben betrachtet, nur mit letzterm Momente veränderlich ist (Erkl. 2, *b.*), so sind, hinsichtlich einer gegebenen Kraft, alle freien materiellen Punkte, die sich in Absicht auf Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, congruent (Erkl. 1.). Verbindet man mit diesem Resultat Lehns. I, so erlangt man folgenden

Lehrs. 2. Alle freien materiellen Punkte in ihrem ursprünglichen Zustande, welche sich rücksichtlich der Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, auf die Einwirkung einer gegebenen Kraft bezogen gedacht, lassen sich einander substituiren, und umgekehrt.

Da der Begriff von einer Kraft, an und für sich betrachtet, enthalten ist unter dem Begriff einer besondern Gröfse, deren Qualität in der Richtung besteht (Erkl. 6, I.), so folgt, vermöge Erkl. 1 und 7, dafs

I. Kräfte von einerlei Richtung und gleicher Intensität congruent sind.

Ferner, da der Begriff von einer Kraft vollkommen bestimmt wird durch den Begriff von einer allgemeinen intensiven Gröfse in Verbindung mit dem qualitativen Merkmal einer Richtung (Erkl. 6, I.), so folgt, vermöge Erkl. 2, daß

II. zu jeder gegebenen Kraft sich stets mehrere Kräfte, mit ihr und unter einander von einerlei Richtung, und in Absicht auf die Intensität von beliebiger Kleinheit, denken lassen, die, zusammen genommen, mit ihr congruent seyn werden, wenn nur die Summe ihrer Intensitäten der Intensität von jener Einen Kraft gleich ist, und umgekehrt.

Verbindet man nun I und II. resptv. mit Lehrsatz I, so gewinnt man folgenden

Lehrs. 3. a) Alle Kräfte von einerlei Richtung und gleicher Intensität lassen sich einander substituiren.

b) Jede Eine Kraft läßt sich durch eine beliebige Mehrzahl anderer Kräfte mit ihr und unter einander von einerlei Richtung; und umgekehrt, jede Mehrzahl von Kräften von einerlei Richtung läßt sich durch eine einzige Kraft von eben der gemeinschaftlichen Richtung substituiren, wofern nur die Summe der Intensitäten von der Mehrzahl der Intensität von jener Einen gleich ist.

§. 6.

Betrachten wir jetzt den freien materiellen Punkt in Verbindung mit Einer und mehreren Kräften.

Denkt man sich einen freien materiellen Punkt M im ursprünglichen Zustande, und ferner der Einwirkung einer Kraft unterworfen; so wird, nach Erkl. 6, II. eine Veränderung in seinem Zustande rücksichtlich der Ruhe und Bewegung erfolgen. Da aber der Punkt M in jedweder anderer Beziehung unverändert geblieben ist (Erkl. 6. II.), so wird derselbe, in seinem neuen Zustande, congruent seyn mit M , in einem solchen ursprünglichen Zustande rücksichtlich Ruhe und Bewegung gedacht, der mit jenem neuen congruent ist (Erkl. 4. und 5.), und sich daher durch diesen substituiren lassen (Lehns. I.). Da sich dieser wiederum substituiren läßt durch einen freien materiellen Punkt $M_{(1)}$, in einem, mit dem letzten congruenten ursprünglichen Zustand rücksichtlich der Ruhe und Bewegung vorausgesetzt (Lehrs. 2.), so hat man

Lehrs. 4. Alle freien materiellen Punkte, im ursprünglichen Zustande oder der Einwirkung einer Kraft unterworfen gedacht, welche sich rücksichtlich der Ruhe und Bewegung in einerlei Zustand befinden, auf die Einwirkung einer gegebenen Kraft bezogen vorgestellt, lassen sich einander substituiren; und umgekehrt.

Anmerk. Da diese Abhandlung überhaupt nur das Verhältniß zwischen Kräften und freien materiellen Punkten betrifft, so folgt schon hinlänglich, dafs in sofern von einem Substituiren letzterer für einander die Rede ist, solches nur mit Bezug auf Kräfte gemeint seyn kann.

Denkt man sich nun, dem vorigen Lehrsatz gemäß, den Punkt M unter der Kraft K durch den Punkt $M_{(1)}$ im ursprünglichen Zustande substituirt; so wird sich dieser Punkt, nach Erkl. 6, II., seiner Seits mit einer Kraft $K_{(1)}$ verbunden gedacht, substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt (Lehrs. 4.). Der Punkt $M_{(2)}$ darauf seiner Seits mit einer Kraft $K_{(2)}$ verbunden gedacht (was nach Erkl. 6, 2. geschehen kann), wird sich ebenfalls nach Lehrs. 4. substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(3)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt. So fortfahrend, wird sich der Punkt $M_{(n-1)}$ erst im ursprünglichen Zustande, und darauf der Einwirkung einer Kraft $K_{(n-1)}$ unterworfen gedacht, substituiren lassen durch einen freien materiellen Punkt $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt, wo n eine völlig beliebige ganze Zahl bezeichnet.

Da ferner, nach Erkl. 6, II, den ursprünglichen Zustand von M und die Kraft K als gegeben betrachtend, der Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung von M unter K vollkommen bestimmt, und, vermöge Lehrs. 4. und Constr., der ursprüngliche Zustand in eben dieser Beziehung von $M_{(1)}$ mit diesem einerlei ist: so wird letzterer ebenfalls völlig bestimmt seyn. Aus denselben Gründen wird auch, die Kräfte $K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$ als gegeben gedacht, der Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung von $M_{(2)}, M_{(3)}, M_{(4)}, \dots, M_{(n)}$ resp. vollkommen bestimmt seyn.

Ferner, da sich, vermöge Lehrs. 4, und Constr., $M_{(1)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch M unter K ; und $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch $M_{(1)}$ unter $K_{(1)}$, so wird sich auch $M_{(2)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter K und $K_{(1)}$.

Aus ähnlichen Gründen wird sich $M_{(3)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter K , $K_{(1)}$ und $K_{(2)}$. So fort fahrend, ergibt sich leicht, daß sich $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch M unter den Kräften K , $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, $K_{(n-1)}$, und umgekehrt, wenigstens in sofern man diese nach und nach, und in einer Ordnung an dem Punkte M angebracht denkt, welche mit der Ordnung der ihre Zeichen behaftenden Zahlen einerlei sei.

Endlich läßt es sich zeigen, daß der Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung von $M_{(n)}$, oder von M unter jenen n Kräften K , $K_{(1)}$, $K_{(2)}$, $K_{(3)}$, $K_{(n-1)}$, von der Ordnung, in der man sich die Kräfte nach und nach angebracht denkt, vollkommen unabhängig ist.

1. Für den Fall, wo die n Kräfte insgesamt von einerlei Richtung sind, wird dies auf folgende Weise klar. Alsdann nahmentlich sind die n Kräfte zusammen congruent mit einer einzigen Kraft von derselben Richtung, deren Intensität der Summe der Intensitäten von jenen gleich ist (Lehrs. 3, *b*). Da nun jede Summe von der Ordnung ihrer integrirenden Theile unabhängig ist, so ist dies auch der Fall mit jener Einen Kraft rücksichtlich der angenommenen Mehrzahl, und mithin auch mit dem Zustande des Punktes, der durch sie völlig bestimmt wird (Erkl. 6. II.).

2. Für den Fall zweier Kräfte von verschiedener Richtung und gleicher Intensität ergibt sich der Satz auf folgende Weise. Es bezeichne K die eine, und K' die andere Kraft. Beide denke man sich in Absicht auf Intensität und Richtung, mittelst gerader Linien, von dem Punkte M selbst aus gezogen, graphisch dargestellt, und diese Linien wiederum auf zwei gegebene, einander im Punkte M unter einem rechten Winkel schneidende, in der Ebene jener Linien selbst befindliche, Coordinaten-Axen bezogen. Bezeichnet man alsdann die Coordinaten der Endpunkte jener Linien mit x, y ; x', y' ; so ist es bekanntlich, zur völligen Bestimmung der Intensität und Richtung beider, mit den Coordinaten-Axen in einerlei Ebene gedachten, Kräfte hinreichend, daß gegeben seien die Größen x, y ; x', y' . Denkt man sich nun die Kräfte an dem Punkte in einer gewissen Ordnung angebracht, die durch die der Zahlen, am Fusse der ihnen entsprechenden Größen befindlich, angedeutet werde: so werden die Größen

$$x_{(1)}, y_{(1)}; x'_{(2)}, y'_{(2)},$$

dem Obigen nach, den Zustand des Punktes M in Absicht auf Ruhe und Bewegung völlig bestimmen, so bald man sich nur den ursprünglichen Zustand desselben als gegeben denkt. Da aber die absolute Richtung der zu Grunde gelegten Coordinaten-Axen in der Ebene der Richtungen von beiden Kräften durch nichts bestimmt wird, so wird man diese auch so wählen können, daß die Coordinaten des Endpunktes der Linie, die erste Kraft darstellend, die Werthe x', y' ; und die des Endpunktes derjenigen Linie, welche die zweite Kraft repräsentirt, die Werthe x, y annehmen. Denn bezeichnet man den Winkel, zwischen den vorigen und den neuen Coordinaten-Axen enthalten, mit α , so werden bekanntlich die Ausdrücke $x \cos \alpha + y \sin \alpha$, $-x \sin \alpha + y \cos \alpha$; $x' \cos \alpha + y' \sin \alpha$, $-x' \sin \alpha + y' \cos \alpha$ die Werthe der Coordinaten mit Bezug auf das neue System darstellen. Setzt man nun $y' = x \cos \alpha + y \sin \alpha$, $x' = -x \sin \alpha + y \cos \alpha$; $y = x' \cos \alpha + y' \sin \alpha$, $x = -x' \sin \alpha + y' \cos \alpha$; so bilden die beiden letzten Gleichungen eine Folge von den beiden ersten, und den beiden ersten wird zu genügen seyn, wenn $x'^2 + y'^2 = x^2 + y^2$ ist, wie solches, vermöge der Gleichheit der Intensitäten beider Kräfte, angenommen worden.

Daher werden die Größen $x'_{(1)}, y'_{(1)}$; $x_{(2)}, y_{(2)}$ mit den vorigen einerlei Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung bestimmen; mithin wird dieser derselbe bleiben, wenn man sich die Kräfte K und K' , in Bezug auf ihre Ordnung, mit einander verwechselt denkt: indem namentlich die Verwechslung von x mit y , und von x' mit y' aus demselben Grunde gestattet bleibt.

3. Für den Fall, wo die beiden Kräfte in Absicht auf Richtung und Intensität gleichzeitig von einander verschieden sind, rechtfertigt sich die in Rede stehende Behauptung auf folgende Weise.

Es bezeichne M einen freien materiellen Punkt, mit der Kraft K behaftet, deren Intensität gleich I sei; K' und K'' bezeichnen zwei andere Kräfte von einer gemeinschaftlichen Intensität $= I$, von denen in Bezug auf die Richtung erstere mit K einerlei, und letztere von dieser verschieden sei. Denkt man sich nun die beiden letzten Kräfte, nach der Ordnung, in welcher die sie betreffenden Größen geschrieben, neben K an dem Punkte M angebracht, so werden, den ursprünglichen Zustand von M als gegeben ansehend, in Verbindung mit den entsprechenden Richtungen, die Größen

$$(1) \dots \dots \dots I_{(1)}, I_{(2)}, I_{(3)}.$$

dem Obigen nach, den Zustand desselben in Absicht auf Ruhe und Bewegung völlig bestimmen. Da aber die Intensitäten der zweiten und dritten Kraft einander gleich sind (Constr.), und es daher erlaubt ist, diese mit einander zu verwechseln (No. 2. des Erw.); so werden die Größen

$$(2) \dots\dots\dots I_{(1)}, \overset{1}{I}_{(3)}, \overset{1}{I}_{(2)},$$

einerlei Zustand mit dem vorigen bestimmen. Da ferner K und K' , in beiden Fällen, congruent sind mit einer Kraft K''' von derselben Richtung und von einer Intensität $= I_{(1)} + I'_{(2)}$ (Constr. und Lehrs. 3, b.), so erzeugen, im zweiten Falle, diese Kräfte, K''' und die Kraft K'' nahmentlich, einen vollkommen bestimmten Zustand, ohne dafs sich für K''' eine Ordnung rücksichtlich K'' nachweisen läfst. Da nun dieses nicht der Fall seyn könnte, wenn zu einem vollkommen bestimmten Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung eine gewisse Ordnung in Bezug auf die Kräfte (d. h. eine gewisse auf einander Folge der Zeit nach) nothwendig wäre: so mufs die Bestimmtheit des Zustandes, so wie der Zustand selbst, von der Ordnung, in welcher zwei Kräfte angebracht gedacht werden, unabhängig seyn.

4. Dies vorausgesetzt, läfst es sich leicht zeigen, dafs von den n Kräften $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$, an einem freien materiellen Punkte M wirksam gedacht, ganz allgemein, $K_{(r)}$ und $K_{(r+1)}$ sich, in Absicht auf ihre Ordnung der Zeit nach, mit einander verwechseln lassen. Da man nun, durch eine wiederholte Verwechslung von zwei auf einander folgenden Kräften, die Ordnung von jenen n Kräften auf alle mögliche Weisen umkehren kann: so folgt, dafs der Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, durch die n Kräfte bestimmt, von der Ordnung, in der sie nach und nach angebracht gedacht werden, vollkommen unabhängig ist.

Fasst man dies alles zusammen, so erlangt man

Lehrs. 5. Jeder freie materielle Punkt M , in seinem ursprünglichen Zustande gedacht, ist der Einwirkung einer ganz beliebigen Anzahl von vollkommen beliebigen Kräften $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$, als nach und nach an ihm angebracht betrachtet, fähig; und läfst sich, unter eben dieser Einwirkung, stets substituiren durch einen andern freien materiellen Punkt $M_{(n)}$, im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt, dessen Zustand rücksichtlich Ruhe und Bewegung mit dem von M unter

jenen Kräften congruent, und, von der gegenseitigen Ordnung der Kräfte völlig unabhängig, vollkommen bestimmt ist, sobald man sich den ursprünglichen Zustand von M und die Kräfte $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$, in Absicht auf Intensität und Richtung als gegeben denkt.

Da sich, nach Erkl. 6, III., mit jedem freien materiellen Punkt im ursprünglichen Zustande eine solche Kraft verbinden läßt, daß der daraus rücksichtlich Ruhe und Bewegung entstehende Zustand mit einem gegebenen, von jenem ursprünglichen Verschiedenen, einerlei sei: so wird man (unter Bezugnahme auf die vorige Bezeichnung) $M_{(n)}$ auch mit einer solchen Kraft $K_{(n)}$ verbunden denken können, daß sein Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, mit dem ursprünglichen Zustande von M , wofern beide von einander verschieden sind, einerlei werde. Da ferner diese Kraft $K_{(n)}$ in Bezug auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt seyn wird, sobald man sich den ursprünglichen Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, sowohl von M , als von $M_{(n)}$ gegeben denkt (Erkl. 6, III.); und sich $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch M unter $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$ zusammen (Lehrs. 5.): so hat man

Lehrs. 6. In so fern man den Zustand des Punktes M , mit einer beliebigen Anzahl von Kräften $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$ behaftet, von seinem ursprünglichen Zustande als verschieden voraussetzt, läßt sich zu diesen Kräften stets eine neue Kraft $K_{(n)}$ denken, so beschaffen, daß, wofern man sich dieselbe mit den vorigen an dem Punkte vereint vorstellt, der daraus entspringende Zustand, in Absicht auf Ruhe und Bewegung, mit dem ursprünglichen einerlei sei; und diese neue Kraft $K_{(n)}$ wird, von der gegenseitigen Ordnung jener Kräfte völlig unabhängig, in Bezug auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt seyn, sobald man sich den ursprünglichen Zustand des Punktes M , so wie die Kräfte $K, K_{(1)}, K_{(2)}, K_{(3)}, \dots, K_{(n-1)}$, in Absicht auf Intensität und Richtung, als gegeben denkt.

Zusatz. Hieraus folgt also, daß jeder freie materielle Punkt M , der Einwirkung einer beliebigen Mehrzahl von Kräften dergestalt unterworfen gedacht werden kann, daß der dadurch entstehende Zustand, rücksichtlich Ruhe und Bewegung mit dem ursprünglichen Zustande einerlei sei, von denen jede einzelne, von der Ordnung, in welcher man sich die Kräfte ange-

bracht denkt, völlig unabhängig, in Absicht auf Intensität und Richtung völlig bestimmt seyn wird, so bald man sich alle übrigen in eben dieser Beziehung nebst dem ursprünglichen Zustand von M als gegeben vorstellt.

§. 7.

Erkl. 10. Zwei und mehrere Kräfte, die das Gemeinschaftliche haben, dafs sie insgesamt an einem und demselben materiellen Punkt als wirksam gedacht werden, sollen ein System von Kräften genannt werden.

Erkl. 11. Zwei Systeme von Kräften sollen symmetrisch heifsen, wenn sie einander in Bezug auf die Anzahl der Kräfte von verschiedener Richtung, in Bezug auf die Intensitäten der Kräfte von einerlei Richtung, und in Bezug auf die Winkel, zwischen den Richtungen der Kräfte von gleicher Intensität enthalten, gleich sind.

Erkl. 12. Von einem Systeme von Kräften, so beschaffen, dafs es, an einem freien materiellen Punkt M wirksam gedacht, keinen Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung zur Folge hat, der von dem ursprünglichen Zustande in eben dieser Beziehung verschieden, soll gesagt werden, dafs es im Gleichgewicht sei; von den Kräften, dafs sie einander das Gleichgewicht halten; und von dem materiellen Punkt M , dafs er sich unter der Anregung dieser Kräfte im Zustande des Gleichgewichts befinde.

§. 8.

Auf die vorigen Ergebnisse und diese neuen Erklärungen gestützt, wollen wir jetzt zur Betrachtung des Zustandes des Gleichgewichts, zunächst in dessen allgemeineren Beziehungen aufgefaßt, fortgehen. Da der Zustand des Punktes M rücksichtlich Ruhe und Bewegung, der Einwirkung eines, sich im Gleichgewicht befindenden, Systems von Kräften unterworfen gedacht, einerlei ist mit seinem ursprünglichen Zustande (Erkl. 12.); und da jedweder Punkt M , der Einwirkung einer beliebigen Anzahl Kräfte unterworfen, sich substituiren läßt durch einen freien materiellen Punkt $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande (Lehrs. 5.): so wird sich M unter der Einwirkung eines sich im Gleichgewicht befindenden Systems von Kräften substituiren lassen durch einen Punkt $M_{(n)}$ im ursprünglichen Zustande, dessen Zustand in Absicht auf Ruhe und Bewegung mit dem von M im ursprünglichen Zustande einerlei sei, und umgekehrt. Da sich nun auch, unter eben dieser

Bedingung, M im ursprünglichen Zustande substituiren läßt für $M_{(n)}$, und umgekehrt: so hat man

Lehrs. 7. Jeder freie materielle Punkt M , unter der Anregung eines Systems von Kräften im Gleichgewicht gedacht, läßt sich substituiren durch M im ursprünglichen Zustande, und umgekehrt.

Da jeder freie materielle Punkt N im ursprünglichen Zustande sich substituiren läßt durch einen andern freien materiellen Punkt M , mit einer gewissen Kraft K behaftet (Lehrs. 4, Erkl. 6, III.); und sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch M , mit einem sich im Gleichgewicht befindenden System von Kräften, P , behaftet (Lehrs. 7.): so wird der Punkt N sich substituiren lassen durch M unter K und P . Da sich nun M unter K und P , wegen der Gleichgültigkeit der gegenseitigen Ordnung der Kräfte betrachten läßt als [M unter K) mit P behaftet], und sich M unter K substituiren läßt durch N (Constr.): so wird sich auch N im ursprünglichen Zustande substituiren durch N unter P .

Verbindet man hiermit die 12^{te} Erklärung, so gewinnt man

Lehrs. 8. Ein System von Kräften P , das sich an einem gegebenen freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht befindet, wird auch an jedem andern freien materiellen Punkt im Gleichgewicht seyn, und umgekehrt.

Verbindet man mit diesem Lehrsatz den 6^{ten} Lehrsatz und die 12^{te} Erklärung, so hat man

Lehrs. 9. Zu jedem Systeme von Kräften, welches an einem freien materiellen Punkt M wirksam gedacht, nicht im Gleichgewicht ist, läßt sich stets eine neue Kraft denken, so beschaffen, das sie, mit den vorigen an dem Punkte vereint gedacht, das Gleichgewicht erzeuge; und die in Absicht auf Intensität und Richtung völlig bestimmt seyn wird, sobald man sich nur die Kräfte jenes Systems in eben dieser Beziehung als gegeben denkt.

Zusatz. Hieraus folgt, das von einem Systeme von Kräften Q , an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht gedacht, jede einzelne Kraft, in Absicht auf Intensität und Richtung, als völlig bestimmt anzusehen ist, sobald die übrigen in eben dieser Beziehung als gegeben gedacht werden.

Denkt man sich die n Kräfte eines Systems P , an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht, in Absicht auf Intensität und Richtung

durch eben so viele, vom Punkte M selbst aus gezogene, gerade Linien dargestellt; die Länge der Linie, ganz allgemein der r^{ten} Kraft entsprechend, mit $I_{(r)}$, und die Werthe der kleinsten Winkel, welche diese mit drei gegebenen, einander im Punkte M unter rechten Winkeln schneidenden Coordinaten-Axen bildet, mit $\alpha_{(r)}$, $\beta_{(r)}$, $\gamma_{(r)}$, bezeichnet: so wird bekanntlich ganz allgemein die r^{te} Kraft, in Absicht auf Intensität und Richtung, vollkommen, und auch nicht mehr als solches, bestimmt seyn, sobald die Werthe der Coordinaten des Endpunktes jener Linie,

$$(1) \dots\dots\dots x_{(r)}, y_{(r)}, z_{(r)}$$

gegeben sind. Denkt man sich nun diese drei Gröfsen, mit Bezug auf eine jede von den $(n-1)$ ersten Kräften als gegeben, so werden sie dadurch, dem Zusatze des vorigen Lehrsatzes gemäß, mit Bezug auf die n^{te} Kraft, vollkommen bestimmt seyn: dergestalt, dafs

$$x_{(n)}, y_{(n)}, z_{(n)}$$

nicht allein die Werthe sind, die für die n^{te} Kraft statt finden müssen, damit das System im Gleichgewicht sei; sondern auch umgekehrt, das Gleichgewicht vorhanden seyn wird, wenn der n^{ten} Kraft, unter Festhaltung der vorigen Werthe für die übrigen, diese Werthe entsprechen. Da nun die absolute Lage des zu Grunde gelegten Coordinaten-Systems, von welcher $x_{(r)}$, $y_{(r)}$, $z_{(r)}$ abhängig sind, beliebig ist, so werden, nach Maafsgabe derselben, statt der vorigen Werthe, auch die folgenden

$$(2) \dots\dots \left\{ \begin{array}{l} x_{(r)} \cos a + y_{(r)} \cos b + z_{(r)} \cos c, \quad x_{(r)} \cos a' + y_{(r)} \cos b' + z_{(r)} \cos c', \\ x_{(r)} \cos a'' + y_{(r)} \cos b'' + z_{(r)} \cos c'', \end{array} \right.$$

wo bekanntlich von den neun Coefficienten $\cos a$, $\cos b$, $\cos c$, u. s. w. drei beliebig sind, zur Angabe jener Gröfsen dienen können; dergestalt, dafs wenn sich ein System von n Kräften, deren Werthe durch (1) bestimmt, im Gleichgewicht befindet, auch ein System von n Kräften, resp. durch (2) bestimmt, im Gleichgewicht seyn muß.

Bezeichnet nun P' ein System von $(n-1)$ Kräften, symmetrisch mit dem Systeme P , in sofern man bei diesem von der n^{ten} Kraft abstrahirt: und repräsentiren

$$x'_{(r)}, y'_{(r)}, z'_{(r)}$$

die Werthe, welche, ganz allgemein, zur Bestimmung der r^{ten} Kraft dienen: so wird man bekanntlich jene drei beliebigen Gröfsen so wählen können, dafs man habe

$$\begin{aligned}x'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a + y_{(r)} \cos b + z_{(r)} \cos c, \\y'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a' + y_{(r)} \cos b' + z_{(r)} \cos c', \\z'_{(r)} &= x_{(r)} \cos a'' + y_{(r)} \cos b'' + z_{(r)} \cos c'',\end{aligned}$$

Fragt man nun nach einer n^{ten} Kraft, die jenen $(n-1)$ Kräften des Systems P' das Gleichgewicht halte, so ist es, dem Obigen nach, einleuchtend, dafs dies der Fall seyn wird, wenn die n^{te} Kraft durch folgende Werthe bestimmt wird

$$\begin{aligned}x'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a + y_{(n)} \cos b + z_{(n)} \cos c, \\y'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a' + y_{(n)} \cos b' + z_{(n)} \cos c', \\z'_{(n)} &= x_{(n)} \cos a'' + y_{(n)} \cos b'' + z_{(n)} \cos c'',\end{aligned}$$

wie auch, dafs, da, nach Lehrs. 9, die n^{te} Kraft eine völlig bestimmte ist, diese Werthe die einzigen sind, bei denen, in Verbindung mit den vorigen, das Gleichgewicht statt finden kann. Da nun hierdurch das aus dem Systeme P' von $(n-1)$ Kräften und der neuen Kraft entstehende System von n Kräften mit dem Systeme P symmetrisch ist (Erkl. 11.): so hat man

Lehrs. 10. Befindet sich ein gegebenes System von Kräften an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht, so wird auch jedes andere, ihm symmetrische, System von Kräften im Gleichgewicht seyn.

Bezeichnen $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \dots P_{(r)}, \dots P_{(n)}$, n Systeme von Kräften, von denen sich jedes insbesondere, an einem freien materiellen Punkt M wirksam gedacht, im Gleichgewicht befindet; so wird sich, da sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läfst durch M unter einem, sich im Gleichgewicht befindenden, System von Kräften, und umgekehrt (Lehrs. 7.),

M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}$;

M unter $P_{(1)}$ substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}$ und $P_{(2)}$;

M unter $P_{(1)}$ und $P_{(2)}$ substituiren lassen durch M unter $P_{(1)}, P_{(2)}$ und $P_{(3)}$;

⋮

M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \dots P_{(n-1)}$ substituiren lassen durch

M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \dots P_{(n-1)}, P_{(n)}$;

woraus also folgt, dafs M im ursprünglichen Zustande substituirt werden kann durch M unter $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \dots P_{(n)} \dots (I)$.

Bezeichnen ferner $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)} \dots Q_{(r)}, Q_{(r+1)}, \dots Q_{(m)}$ m Systeme von Kräften, die zusammen das Gleichgewicht bilden; so wird sich M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)} \dots Q_{(r)}, Q_{(r+1)}, \dots Q_{(m)}$ (Erkl. 10, Lehrs. 7.). Sind nun die r ersten Systeme $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)} \dots Q_{(r)}$, so beschaffen, daß sie zusammen ebenfalls den Zustand des Gleichgewichts erzeugen; so wird sich, ebenfalls nach Erkl. 10, und Lehrs. 7, M unter ihnen substituiren lassen durch M im ursprünglichen Zustande: folglich wird sich M im ursprünglichen Zustande substituiren lassen durch M unter $Q_{(r+1)}, Q_{(r+2)}, Q_{(r+3)} \dots Q_{(m)} \dots$ (II).

Verbindet man mit den Ergebnissen (I) und (II) den 7^{ten} Lehrsatz, so erlangt man

Lehrs. 11. a) Bezeichnen $P_{(1)}, P_{(2)}, P_{(3)} \dots P_{(n)}$ n Systeme von Kräften, von denen jedes insbesondere im Gleichgewicht ist, so werden sie auch zusammen, an einem und demselben freien materiellen Punkt vereint gedacht, im Gleichgewicht seyn.

b) Befindet sich ein freier materieller Punkt M unter den m Systemen $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)} \dots Q_{(n)}$ im Gleichgewicht, und sind die Systeme $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)} \dots Q_{(r)}$ so beschaffen, daß sie zusammen den Zustand des Gleichgewichts ebenfalls erzeugen: so wird der Punkt auch unter den $(n-r)$ übrigen Systemen zusammen im Gleichgewicht seyn.

Lehrs. 12. Bezeichnet P ein System von n Kräften $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$, von denen, ganz allgemein, A_i in Bezug auf ihre Intensität mit a_i bezeichnet wird; und bezeichnet Q ein anderes System von n Kräften $B_1, B_2, B_3 \dots B_n$, von denen, ganz allgemein, B_i in Bezug auf die Intensität mit b_i bezeichnet wird: so wird, wenn das System P im Gleichgewicht ist, auch das System Q im Gleichgewicht seyn, wofern nur, ganz allgemein, B_i in Absicht auf die Richtung mit A_i einerlei, und $b_i = ma_i$ ist, wo m eine beliebige Zahl bezeichnet.

Beweis. I. Wenn m eine ganze Zahl ist. Es bezeichnen $P^{(1)}, P^{(2)}, P^{(3)} \dots P^{(m)}$ m Systeme von Kräften, unter einander und mit dem Systeme P symmetrisch. Alsdann wird, da sich M unter P im Gleichgewicht befindet (Vorauss.), auch M unter $P^{(r)}$ im Gleichgewicht seyn (Constr. und Lehrs. 10.); mithin auch unter $P^{(1)}, P^{(2)}, P^{(3)} \dots P^{(m)}$ zusammen (Lehrs. 11. a). Für den besondern Fall nun, wo, ganz allgemein, die g^te Kraft des Systems $P^{(r)}$ mit der Kraft A_i in Absicht auf die Richtung einerlei ist, wird der

Punkt M , unter jenen m Systemen zusammen, jede Kraft A_i m mal enthalten; und, da diese sich substituiren lassen durch eine einzige Kraft B_i , die in Absicht auf die Richtung mit A_i einerlei, und deren Intensität $= ma_i$ ist (Lehrs. 3, *b.*): so werden sich, für diesen Fall, die m Systeme $P^{(1)}, P^{(2)}, P^{(3)} \dots P^{(r)} \dots P^{(m)}$ substituiren lassen durch ein einziges System Q , mit dem Systeme P in Absicht auf die Richtungen einerlei, für welches die Intensität, von B_i , ganz allgemein, gleich ma_i ist. Da sich nun, wie sich ergeben, M unter jenen Systemen zusammen im Gleichgewicht befindet, so wird solches auch unter Q der Fall seyn (Lehrs. 11.).

II. Wenn m ein Bruch von der Form $\frac{1}{q}$ ist, wo q eine ganze Zahl andeutet. Befände sich das System Q , in Absicht auf die Richtungen der Kräfte mit P einerlei, und für $b_i = \frac{a_i}{q}$, nicht im Gleichgewicht, so würde sich doch eine Kraft Π von einer gewissen Richtung und einer Intensität $= \pi$ denken lassen, vermöge welcher, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht statt finden würde (Lehrs. 9.). Alsdann würde auch M im Gleichgewicht seyn unter einem Systeme R , in Beziehung auf die Anzahl und Richtung der Kräfte mit dem Systeme Q in Verbindung mit der Kraft Π einerlei gedacht, von welchem die Intensitäten

$$qb_1, qb_2, qb_3, qb_4 \dots qb_n \text{ und } q\pi$$

wären (I. d. Erw.). Da aber $qb_i = a_i$ ist, und die n Kräfte, deren Intensitäten ganz allgemein durch a_i angedeutet werden, einander das Gleichgewicht halten (Voraus.): so würde auch M unter einer einzigen Kraft im Gleichgewicht seyn müssen, deren Intensität $= q\pi$ ist (Lehrs. 11, *b.*), was Erkl. 6, II. widerstreitet.

III. Wenn $m = \frac{p}{q}$ ist, wo p und q ganze Zahlen bezeichnen. Da, der Voraussetzung nach, M im Gleichgewicht ist unter P , von dessen Kräften, ganz allgemein, die Intensitäten $= a_i$ sind, so wird auch M im Gleichgewicht seyn unter einem Systeme R , in Absicht auf die Anzahl und Richtungen der Kräfte mit P einerlei, von welchem die Intensitäten, ganz allgemein, $= pa_i$ sind (I. des Erw.); folglich auch unter jedem Systeme Q , in Beziehung auf die Anzahl und Richtungen der Kräfte mit dem Systeme R , und daher auch mit dem Systeme P , einerlei, von welchem die Intensitäten, ganz allgemein, $= \frac{p}{q} a_i$ sind (II. des Erw.).

IV. Wenn m irrational ist. Bekanntlich kann jede irrationale Zahl m dargestellt werden durch die Form $r + i$, wo r eine rationale und i eine

irrationale Zahl bezeichnet, von denen letztere kleiner, als jede gegebene Zahl gedacht werden kann. — Wäre nun das System Q , in der oben benannten Beziehung mit P einerlei, für $b_i = ma_i = ra_i + ia_i$ nicht im Gleichgewicht, so würde sich doch eine, in Absicht auf Intensität und Richtung völlig bestimmte Kraft Π , deren Intensität durch π bezeichnet werden mag, denken lassen, vermöge welcher, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht zu erhalten wäre (Lehrs. 9.). Demnach würde sich M im Gleichgewicht befinden unter den Kräften des Systems Q , deren Intensitäten, ganz allgemein, $= ra_i + ia_i$ in Verein mit Π , deren Intensität $= \pi$ ist. Da aber M unter den n Kräften, deren Intensitäten $= a_i$ sind, im Gleichgewicht ist (Vorauss.); so wird auch M unter den n Kräften, deren Intensitäten $= ra_i$ sind, im Gleichgewicht seyn (Constr. und I, II, III. des Erw.); mithin auch unter den n Kräften, deren Intensitäten $= ia_i$, in Verein mit der Kraft Π , deren Intensität $= \pi$ ist (Lehrs. 11, *b*); und daher auch unter den n Kräften, deren Intensitäten $= k ia_i$, in Verein mit einer Kraft, deren Intensität $k\pi$ ist, wo k eine völlig beliebige rationale Zahl bezeichnet (I, II, III. des Erw.). Setzt man nun $ki = r' + i'$, wo r' rational und i' irrational ist, und letztere kleiner, als jede gegebene Zahl gedacht werden kann, so folgt, vermöge Lehrs. 11, *b*, dafs, unter der gemachten Annahme, auch M im Gleichgewicht seyn würde unter einem Systeme von Kräften, in Absicht auf der Anzahl und Richtungen mit dem Systeme Q einerlei, deren Intensitäten aber $= i' a_i$ sind, in Verbindung mit einer Kraft, deren Intensität $= k\pi$ ist, wo i' kleiner, und k gröfser, als jede gegebene Gröfse gedacht werden kann.

Da nun, sobald man sich die n Kräfte, deren Intensitäten, ganz allgemein, $= ra_i$ sind, gegeben denkt, diejenige Kraft, die ihnen das Gleichgewicht zu halten im Stande, in Absicht auf Intensität und Richtung vollkommen bestimmt ist (Lehrs. 9.): so ist voriges Ergebnifs ungereimt. Es giebt daher keine Kraft Π , welche, mit dem Systeme Q vereint gedacht, das Gleichgewicht bewirken könne, also mufs Q selbst im Gleichgewicht seyn (Lehrs. 9.).

§. 9.

Wenden wir uns jetzt zu einer nähern Betrachtung der Bedingungen des Gleichgewichts, und zwar zunächst für den besondern Fall eines Systems von zwei Kräften.

Lehrs. 13. Zwei Kräfte A_1 und A_2 eines Systems P , an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht gedacht, müssen einander in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzt seyn.

Beweis. Bezeichnet Q ein mit P symmetrisches System von zwei Kräften B_1 und B_2 , so wird sich der Punkt M , da derselbe unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), auch unter Q (Lehrs. 10.), und daher auch unter P und Q zusammen (Lehrs. 11, a) im Gleichgewicht befinden. Ist nun der Winkel α , zwischen den Richtungen von A_1 und A_2 enthalten, von 180° verschieden, so wird man sich das mit P symmetrische System Q so angebracht denken können, daß die Richtung von B_1 mit der von A_2 congruent und der Winkel zwischen den Richtungen von A_1 und B_2 enthalten, gleich α sei. Da alsdann A_1 und B_2 ein mit P symmetrisches System von Kräften bilden (Constr. Erkl. 11.), so wird sich M unter diesem allein (Vorauss. Lehrs. 10.) und daher auch unter A_2 und B_1 allein (Lehrs. 11, b) im Gleichgewicht befinden. Da endlich diese beiden Kräfte von einerlei Richtung (Constr.) und daher durch eine einzige zu substituiren sind (Lehr. 3, b): so steht dies Ergebnifs im Widerspruch mit Erkl. 6, II. Daher kann, im Falle des Gleichgewichts zweier Kräfte, der Winkel α , zwischen ihren Richtungen enthalten, nicht von 180° verschieden gedacht werden.

Lehrs. 14. Jede Kraft A befindet sich mit einer, ihr in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzten, Kraft B an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht, die ihr der Intensität nach gleich ist.

Beweis. Da sich zu jeder Kraft A eine andere Kraft denken läßt, die ihr an einem freien materiellen Punkt M das Gleichgewicht halte (Lehrs. 9, Erkl. 6, II.), und diese ihr, zu solchem Behuf, in Absicht auf die Richtung, entgegen gesetzt seyn muß (Lehrs. 13.): so bezeichne Π eine solche Kraft. Ferner bezeichnen A_1 und Π_1 ein mit A und Π symmetrisches System, neben diesen an dem Punkte M so angebracht, daß die Richtung von Π_1 mit der von A , und also die Richtung von A_1 mit der von Π congruirt.

Da nun M unter A und Π im Gleichgewicht ist (Constr.), so wird solches auch unter A_1 und Π_1 (Constr., Lehrs. 10.), und daher auch unter A , Π , A_1 und Π_1 zusammen der Fall seyn. Da ferner die Richtung von A_1 mit der von Π congruirt (Constr.), so werden, wenn man die Intensität von A und A_1 resp. mit a , und von Π und Π_1 resp. mit π bezeichnet, A und Π_1 congruent seyn mit einer Kraft C von derselben gemeinschaftlichen Richtung

und einer Intensität $=a+\pi$ (Lehrs. 3, b.): und aus demselben Grunde Π und A_1 congruent seyn mit einer Kraft D von derselben gemeinschaftlichen Richtung und einer Intensität $=a+\pi$. Diesem nach befindet sich M im Gleichgewicht unter einem System Q von zwei, einander in Bezug auf die Richtung entgegen gesetzten Kräften C und D , deren Intensitäten resp. $=a+\pi$ sind; mithin auch unter jedem, mit diesem symmetrischen, System R , von zwei Kräften, deren Intensitäten resp. $=m(a+\pi)$ sind, und zwar unabhängig von m (Lehrs. 12.), und daher auch, $m=\frac{a}{a+\pi}$ setzend, unter jedem, mit Q symmetrischen System S von zwei Kräften, deren Intensitäten resp. $=a$ sind, wo a vollkommen beliebig ist.

Zusatz. Da die Kraft B , der Kraft A das Gleichgewicht haltend, in Absicht auf Richtung und Intensität vollkommen bestimmt ist, sobald man sich A in eben dieser Beziehung als gegeben denkt (Lehrs. 9.); und da, in sofern man die Intensität von A mit a bezeichnet, dem unmittelbar Vorhergehenden nach, a ein Werth für die Intensität von B ist, der in Rede stehenden Beziehung genügend: so folgt, dafs zwei Kräfte A und B an einem freien materiellen Punkt M nicht im Gleichgewicht seyn können, wenn sie in Absicht auf die Intensität von einander verschieden sind.

Lehrs. 15. Damit sich zwei Kräfte A und B an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht befinden, ist es nothwendig und zugleich hinreichend, dafs sie einander in Absicht auf die Intensität gleich, und in Bezug auf die Richtung entgegen gesetzt sind.

Beweis. Die Nothwendigkeit dieser Bedingungen ergibt sich aus dem Umstande, dafs, nach Lehrs. 13. und 14, Zus., ohne sie kein Gleichgewicht denkbar ist. Das Zureichende dieser Bedingungen für den Zustand des Gleichgewichts geht daraus hervor, dafs sich zu jeder Kraft A eine völlig bestimmte Kraft B , der in Rede stehenden Anforderung genügend, denken läfst (Lehrs. 9.), und dafs diese Bestimmung durch die obigen Bedingungen vollkommen, und auch nicht mehr, geleistet wird.

Zusatz. Da mehrere Kräfte von einerlei Richtung zusammen genommen congruent sind mit einer einzigen Kraft von eben dieser Richtung und von einer Intensität, die der Summe der Intensitäten von jenen gleich ist, und umgekehrt (Lehrs. 3, b.); so ist von zwei an einem Punkte in entgegengesetzter Richtung wirksamen Kräften, A_1 und A_2 , die der größeren Intensität congruent mit zwei andern, resp. von eben der Richtung, von

denen die Intensität der einen der Intensität der kleinern jener beiden Kräfte, und die Intensität der andern der Differenz zwischen den Intensitäten eben dieser gleich ist: dergestalt, dafs wenn man sich von einem solchen Systeme diejenigen Kräfte aufgehoben vorstellt, die, gesondert, im Gleichgewicht seyn würden, eine Kraft B zurück bleibt, die, in Bezug auf die Richtung, mit der von der grössten der beiden gegebenen congruent, und deren Intensität der Differenz zwischen den Intensitäten eben dieser gleich ist.

Bezeichnet man nun die Intensität von A_1 mit a_1 , von A_2 mit a_2 , und von B mit b , und setzt $b = a_1 - a_2$, so wird der numerische Werth von b die Intensität, und das algebraische Zeichen dieser Gröfse die Richtung der Kraft B andeuten, die mit der von A_1 congruent, oder derselben entgegen gesetzt seyn wird, je nachdem b positiv oder negativ ist: dergestalt, dafs, nach der so entstehenden Bezeichnung, eine Kraft von einer gegebenen Richtung und einer Intensität $= -k$, wo k eine positive Gröfse bezeichnet, in ihrer Bedeutung einerlei ist mit einer Kraft von der entgegen gesetzten Richtung und einer Intensität $= k$.

Behaftet man daher von den beiden einander in Absicht auf die Richtung entgegen gesetzten Kräften die Intensität von A_1 mit $+$ und die von A_2 mit $-$, so erlangt man für die Kraft B , die zurück bleibt, indem man sich diejenigen Kräfte aufgehoben vorstellt, die sich in A_1 und A_2 gesondert in Gleichgewicht befinden, was die Intensität betrifft,

$$b = a_1 + a_2,$$

wo a_1 und a_2 die Zahlenwerthe in Verein mit den ihnen entsprechenden algebraischen Zeichen repräsentiren; und was die Richtung anbelangt, congruent mit derjenigen Kraft, deren algebraisches Zeichen mit dem des numerischen Werthes von b einerlei ist.

Da endlich jede Kraft, deren Intensität $= a_1$ ist, congruent ist mit mehreren Kräften von eben der Richtung, und deren Intensitäten a'_1 , a''_1 , a'''_1 , u. s. w. so beschaffen, dafs man habe

$$a_1 = a'_1 + a''_1 + a'''_1 + a''''_1 + \text{u. s. w.}$$

so ist, unter eben dieser Bezeichnung, im Falle mehrere Kräfte, von denen einige nach der einen, andere hingegen nach der entgegen gesetzten Richtung wirksam sind,

$$b = a'_1 + a''_1 + a'''_1 + a^{iv}_1 + \text{u. s. w.} \quad + a'_2 + a''_2 + a'''_2 + a^{iv}_2 + \text{u. s. w.}$$

wo der numerische Werth von b die Intensität, und das algebraische Zeichen dieser GröÙe die Richtung bestimmt.

§. 10.

Nach Erledigung des Falles von zwei Kräften, schreiten wir zur Ermittlung der Bedingungen des Gleichgewichts für den Fall von drei Kräften fort.

Lehrs. 16. Ein System P von drei Kräften, A, B, C , kann an einem freien materiellen Punkt M nicht im Gleichgewicht seyn, wenn nicht die Richtungen der Kräfte sich in einerlei Ebene befinden.

Beweis. Drei gerade Linien, von dem Punkte M aus gezogen, mögen die Richtungen jener drei Kräfte, und I den Werth des Winkels darstellen, den die Richtung von C mit der durch die von A und B gelegten Ebene bildet. Q bezeichne ein mit P symmetrisches System von drei Kräften, A', B', C' , neben diesem an M so angebracht, dafs A' und B' die entgegengesetzten Lagen von A und B erhalten. Wofern nun I nicht gleich Null ist, wird die Lage von C' auf zwei verschiedene Weisen gewählt werden können, entweder dies- oder jenseits jener durch die Richtungen von A und B gelegten Ebene: dergestalt, dafs der Winkel, zwischen den Richtungen von C und C' enthalten, im ersten Fall $= 180^\circ - 2I$, und im letzten $= 180^\circ$ seyn wird.

Da nun M unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), und P und Q symmetrisch sind (Constr.); so wird auch M unter Q (Lehrs. 11, a.) im Gleichgewicht seyn. Da ferner A und A' , so wie B und B' , einander in Bezug auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegengesetzt sind (Constr., Erkl. 11.), so wird jedes Paar für sich (Lehrs. 15.), und also auch M unter C und C' gesondert (Lehrs. 11, b.) im Gleichgewicht seyn. Dem 15^{ten} Lehrsatz nach hat man also $180^\circ - 2I = 180^\circ$, und daher $I = 0^\circ$.

Zusatz und Erkl. 13. Hiernach können die Richtungen von drei, sich an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht befindenden Kräften stets durch die Punkte auf der Peripherie eines, von dem Punkte M selbst, mit einem beliebigen Radius, in der Ebene der drei Richtungen, gezogenen Kreises angegeben werden, in denen diese von dem Radius, die Richtungen der Kräfte darstellend, geschnitten wird. Was die Bezeichnung dieser Punkte selbst anbelangt, so kann solche mittelst der GröÙe der Bo-

gen geschehen, die, in einem bestimmten Sinne von 0 bis 2π gezählt (wo π die Hälfte des Kreisumfangs in Theilen des Radius bezeichnet), zwischen ihnen und einem gemeinschaftlichen, als gegebenen betrachteten Anfangspunkt enthalten sind.

Wir wollen uns dieser Bestimmungsweise, für diesen besondern Fall, einstweilen bedienen, und die Gröfse jenes Bogens, der Kürze wegen, die Länge der Kraft nennen: so dafs eine Länge $= -l$, wo l eine positive Gröfse bezeichnet, gleichbedeutend ist mit einer Länge $= 2n\pi - l$, wo n irgend eine ganze Zahl andeutet, und dafs die Differenz zwischen den Längen zweier Kräfte gleich dem Winkel ist, den ihre Richtungen mit einander bilden, in sofern man sich auch der überstumpfen Winkel bedient.

Lehrs. 17. Befindet sich ein System P von drei Kräften, A, B, C , von denen, der Reihe nach, die Intensitäten a, b, c , und die Längen $\alpha, \alpha + \beta, \alpha + \gamma$ sind, an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht: so wird, wenn $b = a$ ist, γ entweder gleich $\frac{1}{2}\beta$, oder gleich $\frac{1}{2}\beta + \pi$ seyn.

Beweis. Neben dem System P denke man sich ein symmetrisches System P' , von dessen Kräften A', B', C' , die Längen, der Reihe nach, $\alpha + \beta + \pi, \alpha + \pi$ und $\alpha + \beta + \pi - \gamma$ seien, angebracht. Da nun M unter P im Gleichgewicht ist (Vorauss.), so wird auch M unter P' (Lehrs. 10.), und also auch unter P und P' zusammen (Lehrs. 11, a.) im Gleichgewicht seyn. Ist nun $b = a$, so werden A und B' , so wie B und A' , als einander in Bezug auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegen gesetzt, (Constr.), paarweise für sich (Lehrs. 15.), und daher auch C und C' gesondert (Lehrs. 11, b.) im Gleichgewicht seyn. Nach Lehrs. 14. hat man also:

$$\text{entweder } a + \gamma + \pi = a + \beta + \pi - \gamma,$$

$$\text{oder } a + \gamma = a + \beta + \pi - \gamma + \pi;$$

$$\text{folglich: } \text{entweder } \gamma = \frac{1}{2}\beta,$$

$$\text{oder } \gamma = \frac{1}{2}\beta + \pi.$$

Lehrs. 18. Befindet sich ein System P von drei Kräften A, B, C , an einem freien materiellen Punkt M im Gleichgewicht; so wird, wenn, unter Festhaltung der Bezeichnung des vorigen Lehrsatzes, $\beta = \frac{1}{2}\pi$ ist, zwischen den drei Intensitäten a, b, c , nothwendigerweise folgende Gleichung statt finden müssen:

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

Beweis. Neben dem Systeme P ,

dessen Kräfte A ,	B ,	C ,
deren Intensitäten . . . a ,	b ,	c ,
und deren Längen . . . α ,	$\alpha + \frac{1}{2}\pi$,	$\alpha + \gamma$

sind, denke man sich ein zweites System P' angebracht,

dessen Kräfte A' ,	B' ,	C ,
deren Intensitäten . . . $\mu' a$,	$\mu' b$,	$\mu' c$,
und deren Längen . . . $\pi + \alpha + \gamma$,	$\frac{1}{2}\pi + \alpha + \gamma$,	$\pi + \alpha$.

wie auch ein drittes System P'' ,

dessen Kräfte A'' ,	B'' ,	C'' ,
deren Intensitäten . . . $\mu'' a$,	$\mu'' b$,	$\mu'' c$.
und deren Längen . . . $\frac{3}{2}\pi + \alpha + \gamma$,	$\pi + \alpha + \gamma$,	$\frac{3}{2}\pi + \alpha$

seien.

Da sich M unter P im Gleichgewicht befindet (Vorauss.), und P' und P'' , für $\mu' = 1$ und $\mu'' = 1$, mit P symmetrisch sind (Erkl. 11.): so wird sich auch M unter P, P', P'' zusammen im Gleichgewicht befinden, und zwar unabhängig von μ' und μ'' (Lehrs. 10, 11, a und 12.). Setzt man nun $\mu' = \frac{a}{c}$, $\mu'' = \frac{b}{c}$, so werden, wie man leicht sieht, sechs von jenen neun Kräften, die einander in Absicht auf die Richtung je zwei entgegengesetzt sind, einander paarweise in Bezug auf die Intensität gleich, und daher für sich im Gleichgewicht seyn (Lehrs. 15.); mithin auch die drei übrigen

Kräfte C ,	A' ,	B'' ,
deren Intensitäten . . . c ,	$\mu' a$,	$\mu'' b$,
und deren Längen . . . $\alpha + \gamma$,	$\pi + \alpha + \gamma$,	$\pi + \alpha + \gamma$,

(Lehrs. 11, b); und endlich auch die

zwei Kräfte C ,	Q ,	
deren Längen $\alpha + \gamma$,	$\pi + \alpha + \gamma$,	
u. deren Intensitäten c ,	$\mu' a + \mu'' b$	

sind (Lehrs. 3, b). In Folge des 15^{ten} Lehrsatzes hat man demnach

$$c = \mu' a + \mu'' b,$$

also, indem man für μ' und μ'' die obigen Werthe substituirt,

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

Zusatz. Da der Gleichung $c^2 = a^2 + b^2$ Genüge geschieht, wenn man setzt: $a = c \cos p$, $b = c \sin p$, so folgt, dafs die drei Gröfsen $c \cos p$, $c \sin p$, c , ganz allgemein die Formen repräsentiren, durch welche die Intensitäten von drei, sich an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht befindenden, Kräften, von denen die beiden ersten einen Winkel $= \frac{1}{2}\pi$ einschliessen, dargestellt werden können, wo c vollkommen beliebig ist, und p entweder als nur von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ wechselnd, oder auch als vollkommen beliebig angesehen werden kann, je nachdem man namentlich die Richtung unberücksichtigt lassen, oder berücksichtigen will, in welchem letztern Falle eine Kraft von der Länge a und einer Intensität $= -k$, wo k eine positive Gröfse bezeichnet, einerlei ist mit einer Kraft von der Länge $a + \pi$, und einer Intensität $= k$ (Lehrs. 15, Zusatz.).

Lehrs. 19. Bezeichnen P und P' zwei Systeme, jedes von drei, den Richtungen nach in einerlei Ebene befindlichen, Kräften; sind von dem Systeme P

die Kräfte	$A,$	$B,$	$C,$
deren Längen	$\alpha,$	$\alpha + \frac{1}{2}\pi,$	$\alpha + \gamma,$
und deren Intensitäten	$c \cos p,$	$c \sin p,$	$c,$

und von dem Systeme P'

die Kräfte	$A',$	$B',$	$C',$
deren Längen	$\alpha',$	$\alpha + \frac{1}{2}\pi,$	$\alpha' + \gamma',$
und deren Intensitäten	$c' \cos p',$	$c' \sin p',$	$c',$

und sind beide Systeme so beschaffen, dafs der Punkt M sich unter einem jeden gesondert im Gleichgewicht befinden würde: so wird derselbe auch unter jedem andern Systeme Π im Gleichgewicht seyn, dessen

Kräfte.....	$X,$	$Y,$	$Z,$
deren Längen	$0,$	$\frac{1}{2}\pi,$	$\gamma + \gamma' - \pi,$
und deren Intensitäten	$c \cos (p+p'),$	$c \sin (p+p'),$	c

sind, in sofern man, der Bemerkung des vorigen Zusatzes gemäß, unter einer Kraft von der Länge λ und der Intensität $-k$ eine Kraft von

der Länge $\lambda + \pi$ und von der Intensität k , wie auch unter einer Länge $-\lambda$ die gleichbedeutende $2n\pi - \lambda$ versteht.

Beweis. Zu dem Systeme P denke man sich erstlich ein System Q , von dessen drei Kräften

die Längen a , $a + \frac{1}{2}\pi$, $a + \gamma$,
 und die Intensitäten $\mu c \cos p$, $\mu c \sin p$, μc ,

zweitens ein System Q' , von dessen Kräften

die Längen $a + \frac{1}{2}\pi$, $a + \pi$, $a + \gamma + \frac{1}{2}\pi$,
 und die Intensitäten $\mu' c \cos p$, $\mu' c \sin p$, $\mu' c$

seien. Ferner denke man sich zu dem System P' ein System $Q_{(1)}$, von dessen Kräften

die Längen $a + \gamma - \pi$, $a + \gamma - \frac{1}{2}\pi$, $a + \gamma + \gamma' - \pi$,
 und die Intensitäten $\mu_1 c' \cos p'$, $\mu_1 c' \sin p'$, $\mu_1 c'$

seien. Da sich M im Gleichgewicht befindet, sowohl unter P als P' (Voraus.), so wird auch M im Gleichgewicht seyn unter Q , Q' und $Q_{(1)}$ zusammen. und zwar unabhängig von μ , μ' , und μ_1 (Lehrs. 10, 11, a., 12). Für den besondern Fall nun, wo

$$\mu = \frac{\mu_1 c \cos p}{c}, \quad \mu' = \frac{\mu_1 c' \sin p'}{c}, \quad \mu_1 c' = c,$$

also $\mu = \cos p$, $\mu' = \sin p'$, $\mu_1 = \frac{c}{c'}$

ist, werden, wie man sich leicht überzeugt, die Kräfte, deren Längen $a + \gamma$, $a + \gamma - \pi$; wie auch $a + \gamma + \frac{1}{2}\pi$, $a + \gamma - \frac{1}{2}\pi$, sind, paarweise, als einander in Absicht auf die Intensität gleich, und der Richtung nach entgegen gesetzt, im Gleichgewicht seyn (Lehrs. 15.); mithin wird, nach Lehrs. 11, b., das Gleichgewicht auch unter den fünf übrigen Kräften statt finden,

deren Längen a , $a + \pi$; $a + \frac{1}{2}\pi$, $a + \frac{1}{2}\pi$; $a + \gamma + \gamma' - \pi$,
 u. deren Intensitäten $\mu c \cos p$, $\mu' c \sin p$; $\mu c \sin p$, $\mu' c \cos p$; $\mu_1 c'$

sind. Da sich nun die erste von diesen fünf Kräften substituiren läßt durch zwei andere Kräfte, ebenfalls von der Länge a , deren Intensitäten ($\mu c \cos p - \mu' c \sin p$) und $\mu' c \sin p$ sind (Lehrs. 3, b.): von denen die letztere mit der

zweiten jener fünf Kräfte im Gleichgewicht seyn wird (Lehrs. 15.); da ferner die dritte und vierte jener fünf Kräfte sich substituiren lassen durch eine einzige Kraft von der Länge $a + \frac{1}{2}\pi$ und der Intensität $= \mu c \sin p + \mu' c \cos p$ (Lehrs. 3, *b*); so werden auch, in Folge des Lehrsatzes 11, *b*., die drei Kräfte im Gleichgewicht seyn,

$$\begin{array}{lll} \text{deren Längen} \dots\dots a, & a + \frac{1}{2}\pi, & a + \gamma + \gamma' - \pi, \\ \text{u. deren Intensitäten } (\mu c \cos p - \mu' c \sin p), & (\mu c \sin p + \mu c \cos p), & \mu_1 c' \end{array}$$

sind. Substituirt man hier die obigen Werthe von μ , μ' und μ_1 , und verbindet mit diesem Resultate Lehrs. 10', so ergibt sich, dafs die drei Kräfte,

$$\begin{array}{lll} \text{deren Längen} \dots\dots\dots 0, & \frac{1}{2}\pi, & \gamma + \gamma' - \pi, \\ \text{deren Intensitäten} \dots c \cos (p + p'), & c \sin (p + p'), & c \end{array}$$

im Gleichgewicht seyn werden.

Zusatz. Bezeichnen $P^{(0)}$, $P^{(1)}$, $P^{(2)}$... $P^{(n-1)}$ n Systeme, jedes von drei Kräften, von denen ganz allgemein hinsichtlich $P^{(\xi)}$

$$\begin{array}{lll} \text{die Längen} \dots\dots\dots 0, & \frac{1}{2}\pi, & \gamma^{(\xi)}, \\ \text{die Intensitäten} \dots c^{(\xi)} \cos p^{(\xi)}, & c^{(\xi)} \sin p^{(\xi)}, & c^{(\xi)} \end{array}$$

sind; und befindet sich jedes System gesondert im Gleichgewicht: so ergibt sich, durch eine wiederholte Anwendung des vorigen Satzes, sehr leicht das Resultat, dafs alsdann auch jedes andere System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn wird,

$$\begin{array}{lll} \text{deren Längen} & & \\ 0, & \dots\dots\dots \frac{1}{2}\pi, & \dots \gamma^{(0)} + \gamma^{(1)} + \gamma^{(2)} + \dots + \gamma^{(n-1)} - (n-1)\pi, \\ \text{deren Intensitäten} & & \\ c^{(0)} \cos (p^{(0)} + p^{(1)} + p^{(2)} + \dots + p^{(n-1)}), & c^{(0)} \sin (p^{(0)} + p^{(1)} + p^{(2)} + \dots + p^{(n-1)}), & \dots c^{(0)} \end{array}$$

sind.

Setzt man nun, von $g = 1$ bis $g = (n-1)$ einschliesslich, $p^{(g)} = p^{(0)}$, $\gamma^{(g)} = \gamma^{(0)}$, was offenbar, nach den Bedingungen des Satzes, erlaubt ist: so führt dies, bei Verallgemeinerung, zu folgendem

Lehrs. 20. Befindet sich ein System von drei Kräften,

$$\begin{array}{lll} \text{deren Längen} \dots\dots\dots 0, & \frac{1}{2}\pi, & \gamma, \\ \text{und deren Intensitäten} \dots c \cos p, & c \sin p, & c \end{array}$$

sind, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht, so wird sich auch jedes andere System von drei Kräften im Gleichgewicht befinden.

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2}\pi$, $n\gamma - (n-1)\pi$,
 und deren Intensitäten $c \cos np$, $c \sin np$, c

sind, sei es, daß n eine ganze, gebrochene, oder irrationale Zahl bezeichne.

Beweis. Für n gleich einer ganzen Zahl enthält der Zusatz des vorigen Lehrsatzes bereits die Ableitung dieses Theorems; für die beiden übrigen Fälle ist der Beweis auf eine, der zur Begründung des 12^{ten} Lehrsatzes angewandten, analoge Weise zu führen.

Zusatz. Kennt man also für irgend welche zwei Kräfte A und B , deren Längen 0 und $\frac{1}{2}\pi$, und deren Intensitäten $c \cos p$, $c \sin p$ sind, die Länge γ , einer dritten Kraft c , den beiden vorigen das Gleichgewicht haltend; so wird man, mittelst des letzten Satzes, zu jedweden zwei andern Kräften A' und B' , deren Längen α und $\alpha + \frac{1}{2}\pi$, und deren Intensitäten $c' \cos p'$, $c' \sin p'$ sind, die Länge $\alpha + \gamma$ einer dritten Kraft C' bestimmen können, die ihnen das Gleichgewicht halte. Denn, was auch p und p' seyn mögen, so wird man n stets so bestimmen können, daß man habe

$$\cos p' = \cos np, \quad \sin p' = \sin np$$

Bezeichnet man diesen besondern Werth von n mit μ , so giebt $\alpha + \mu\gamma - (\mu - 1)\pi$ die fragliche Länge der Kraft C' .

In der That, jenem Satze nach, wird alsdann ein System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn,

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2}\pi$, $\mu\gamma - (\mu - 1)\pi$,
 und deren Intensitäten $c \cos p'$, $c \sin p'$, c

sind; mithin auch jedes System von drei Kräften,

deren Längen..... α , $\alpha + \frac{1}{2}\pi$, $\alpha + \mu\gamma - (\mu - 1)\pi$,
 und deren Intensitäten $mc \cos p'$, $mc \sin p'$, mc

sind, und zwar unabhängig von m (Lehrs. 10 und 12.). Setzt man daher $m = \frac{c'}{c}$, so gehen die Intensitäten jener drei Kräfte über in $c' \cos p'$, $c' \sin p'$ und c' .

Lehrs. 21. Befindet sich ein System von drei Kräften,

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2} \pi$, γ ,
und deren Intensitäten $c \cos p$, $c \sin p$, c ,

sind, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht: so ist für $p = \frac{1}{4} \pi$, $\gamma = \frac{5}{4} \pi$.

Beweis. Ist $p = \frac{1}{4} \pi$, so ist $c \cos p = c \sin p$, und daher γ entweder $\frac{1}{4} \pi$ oder $\frac{5}{4} \pi$ (Lehrs. 17.). Wäre nun $\gamma = \frac{1}{4} \pi$, so würde sich, in Folge von Lehrs. 20., $n = \frac{4}{3}$ setzend, auch ein System von drei Kräften im Gleichgewicht befinden,

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2} \pi$, 0,
und deren Intensitäten $c \cos \frac{1}{3} \pi$, $c \sin \frac{1}{3} \pi$, c ,

mithin in Folge von Lehrs. 3, b., auch ein System von zwei Kräften,

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2} \pi$,
und deren Intensitäten $c(1 + \cos \frac{1}{3} \pi)$, $c \sin \frac{1}{3} \pi$

sind, was dem 15^{ten} Lehrsatz widerstreitet. Daher muß für $p = \frac{1}{4} \pi$, $\gamma = \frac{5}{4} \pi$ seyn.

Substituirt man diese Werthe für p und γ in die Ausdrücke des 20^{sten} Lehrsatzes, und setzt $\frac{n\pi}{4} = q$, so ergibt sich, daß jedes System von drei Kräften im Gleichgewicht seyn wird,

deren Längen..... 0, $\frac{1}{2} \pi$, $q + \pi$,
und deren Intensitäten $c \cos q$, $c \sin q$, c

sind, und zwar unabhängig von c und q . Bezeichnet man daher die Intensitäten der drei Kräfte, von denen die beiden ersten einen Winkel $= \frac{1}{2} \pi$ bilden, mit a , b , c , und den Winkel, zwischen den Richtungen der ersten und dritten Kraft, von jener nach der zweiten in derselben Ebene herumgezählt, mit $q + \pi$: so hat man

$$c \cos q = a, \quad c \sin q = b,$$

zwei Gleichungen, aus denen sich, in Verbindung mit $\cos^2 q + \sin^2 q = 1$, zur Bestimmung der Intensität und Richtung der dritten Kraft, mittelst der beiden vorigen, die drei folgenden ergeben:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos q = \frac{a}{c}, \quad \sin q = \frac{b}{c},$$

Bezeichnet man ferner den numerischen Werth des Winkels, zwischen den Richtungen der zweiten und dritten Kraft enthalten, mit β , so läßt sich die Bedingung, nach welcher $\pi + q$ von der Richtung der ersten nach der zweiten Kraft, in derselben Ebene, herum gezählt werden muß, offenbar auch durch die Gleichung $\beta = \frac{1}{2}\pi + q$ vertreten: dergestalt, dafs, wenn man $\pi + q = A$ setzt, die obigen Bedingungen durch folgende ersetzt werden können:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos A = -\frac{a}{c}, \quad \sin A = -\frac{b}{c}, \quad \beta = A - \frac{1}{2}\pi.$$

Da die Intensitäten der Kräfte, unabhängig von der Richtung betrachtet, als durch Zahlen gegeben angesehen werden, die bekanntlich auch durch positive Gröfsen zu vertreten sind, und der Winkel A von 0 bis 2π gezählt wird (Erkl. 13.): so wird, in Folge von den drei letzten der vorigen Gleichungen, der Werth A stets im dritten, und β stets im zweiten Quadranten liegen. Setzt man demnach den numerischen Werth desjenigen Winkels, zwischen den Richtungen der ersten und dritten Kraft enthalten, der kleiner als π ist, gleich α , folglich $A = 2\pi - \alpha$: so lassen sich jene Gleichungen auch durch folgende ersetzen:

$$c^2 = a^2 + b^2, \quad \cos \alpha = -\frac{a}{c}, \quad \cos \beta = -\frac{b}{c},$$

wofern man die Bedingung hinzufügt, dafs unter α und β resp. die kleinsten Werthe zu verstehen sind.

Verbindet man mit diesem Resultate den 9^{ten} Lehrsatz, so erlangt man folgenden

Lehrs. 21. Befindet sich ein System von drei Kräften, von denen die Richtungen der beiden ersten einen Winkel $= \frac{1}{2}\pi$ mit einander bilden, an einem freien materiellen Punkt im Gleichgewicht: so hat man, indem man die Werthe der Intensitäten, der Reihe nach, mit a, b, c , und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen der Richtung der dritten Kraft und denen der ersten und zweiten enthalten, resp. mit α und β bezeichnet,

$$c^2 = a^2 + b^2; \quad \cos \alpha = -\frac{a}{c}, \quad \cos \beta = -\frac{b}{c};$$

und umgekehrt: finden diese Gleichungen statt, so sind die drei Kräfte im Gleichgewicht.

Zusatz. Da den drei vorigen Gleichungen nach, $\cos^2\alpha + \cos^2\beta = 1$ ist, so lassen sich dieselben auch durch die drei folgenden vertreten:

$$\cos \alpha = -\frac{a}{c}, \quad \cos \beta = -\frac{b}{c}, \quad \cos^2\alpha + \cos^2\beta = 1.$$

§. 11.

In Beziehung auf den Fall von vier Kräften läßt sich nunmehr folgendes Theorem mit Leichtigkeit darthun.

Lehrs. 23. Befindet sich ein System von vier Kräften, A, B, C, D , von denen die Richtungen der drei ersten einander unter rechten Winkeln schneiden, an einem freien materiellen Punkte im Gleichgewicht: so hat man, in sofern man die Werthe der Intensitäten, der Reihe nach, mit a, b, c, Δ , und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen der Richtung der vierten Kraft und denen der drei ersten enthalten, ebenfalls der Reihe nach, mit α, β, γ bezeichnet,

$$\cos \alpha = -\frac{a}{\Delta}, \quad \cos \beta = -\frac{b}{\Delta}, \quad \cos \gamma = -\frac{c}{\Delta};$$

und umgekehrt: finden diese Gleichungen statt, so sind die vier Kräfte im Gleichgewicht.

Beweis. Bezeichnet R' eine Kraft, die A und B , und R eine Kraft, die R' das Gleichgewicht hält, so hat man, indem man ihre Intensitäten, der Reihe nach, mit r' und r , und die Werthe der kleinsten Winkel, zwischen ihren Richtungen und denen von A und B enthalten, der Reihe nach, mit $\epsilon', \eta'; \epsilon, \eta$ bezeichnet, als nothwendige und zugleich hinreichende Bedingungen,

$$\begin{aligned} \cos \epsilon' &= -\frac{a}{r'}, & \cos \eta' &= -\frac{b}{r'}, & \cos^2\epsilon' + \cos^2\eta' &= 1 \quad (\text{Lehrs. 22., Zus.}); \\ r &= r', & \cos \epsilon &= -\cos \epsilon', & \cos \eta &= -\cos \eta' \quad (\text{Lehrs. 15.}). \end{aligned}$$

folglich: $\cos \epsilon = \frac{a}{r}, \quad \cos \eta = \frac{b}{r}, \quad \cos^2\epsilon + \cos^2\eta = 1. \quad (\text{I}).$

Da sich M im ursprünglichen Zustande substituiren läßt durch M' unter R' und R (Constr. und Lehrs. 7.), so wird sich M unter A und B substituiren lassen durch M unter A, B, R' und R . Ferner, da sich M unter

A , B und R' substituiren läßt durch M im ursprünglichen Zustande (Constr. und Lehrs. 7.) so wird sich M unter A , B , R' und R substituiren lassen durch M unter R . Also wird sich M unter A und B substituiren lassen durch M unter R ; mithin M unter A , B , C , D durch M unter C , D und R . Damit nun die drei letzten, und folglich auch die vier vorigen Kräfte unter einander im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 22, Zus., nothwendig und hinreichend, daß man habe, in sofern man den Winkel, zwischen der Richtung von D und R , bis π gezählt, enthalten, mit ϕ bezeichnet,

$$\cos \phi = -\frac{r}{\Delta}, \quad \cos \gamma = -\frac{c}{\Delta}, \quad \cos^2 \phi + \cos^2 \gamma = 1 \quad (\text{II}).$$

Bekanntlich hat man nun, indem man mit ζ den Werth des kleinsten Winkels, zwischen der Richtung von R und der von C enthalten, bezeichnet,

$$\left. \begin{aligned} \cos \phi &= \cos \alpha \cos \varepsilon + \cos \beta \cos \eta + \cos \gamma \cos \zeta, \\ \cos^2 \varepsilon + \cos^2 \eta + \cos^2 \zeta &= 1, \\ \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (\text{III}).$$

Eliminirt man also zwischen den neun Gleichungen (I), (II), (III) die fünf Gröfsen r , ε , η , ζ , ϕ ; so ergeben sich die folgenden drei von einander unabhängigen Bedingungen, als die, zum Behuf des Gleichgewichts, nicht allein nothwendigen, sondern auch zugleich hinreichenden:

$$\cos \alpha = -\frac{a}{\Delta}, \quad \cos \beta = -\frac{b}{\Delta}, \quad \cos \gamma = -\frac{c}{\Delta};$$

indem die Gleichung $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$ in Folge der mit α , β , γ verbundenen Begriffe statt findet.

Zusatz. Denkt man sich die Intensität Δ der vierten Kraft D , nebst den Winkeln α , β , γ , welche ihre Richtung mit den Richtungen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden Coordinaten-Axen bildet, als bestimmt, so werden sich, den drei vorigen Gleichungen gemäß, stets drei Kräfte, nach eben diesen Axen gerichtet, von den Intensitäten a , b , c , nachweisen lassen, die mit jener vierten Kraft D das Gleichgewicht bilden, wofern nur α , β , γ resptv. gröfser als $\frac{1}{2}\pi$ sind. Da ferner, wenn einer von diesen Winkeln, z. B. α , kleiner als $\frac{1}{2}\pi$ ist, der Winkel, den die Richtung von D mit der jener gegebenen Richtung, entgegengesetzten bildet, gleich $\pi - \alpha$, also gröfser als $\frac{1}{2}\pi$ ist: so folgt, daß sich zu einer Kraft

D stets drei andere A, B, C , in Absicht auf ihre Richtungen resp. mit denen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden, Coordinaten-Axen entweder parallel, oder in Gegensatz, nachweisen lassen, die ihr an einem freien materiellen Punkte das Gleichgewicht halten.

Den vorigen Gleichungen nach, wird die Intensität gegeben durch $a = -\Delta \cos \alpha$, wenn α größer als $\frac{1}{2}\pi$ ist: und durch $a = -\Delta \cos(\pi - \alpha) = \Delta \cos \alpha$, wenn α kleiner, als $\frac{1}{2}\pi$ ist. Daher wird der numerische Werth der Intensität a , für beide Fälle, durch eine und dieselbe Gleichung

$$a = -\Delta \cos \alpha$$

gegeben werden, während das negative Zeichen, mit welchem dieser Werth, für den letzten Fall, nothwendiger Weise behaftet ist, eine Richtung für die entsprechende Kraft A andeutet, die derjenigen, auf welche der Winkel α bezogen gedacht wird, entgegen gesetzt ist. Ein ähnliches wird mit Bezug auf die Werthe b und c statt finden, in sofern man sie ganz allein durch die Gleichungen

$$b = -\Delta \cos \beta, \quad c = -\Delta \cos \gamma$$

bestimmt haben will.

§. 12.

Mit diesen Ergebnissen ausgerüstet, gelangt man mit Leichtigkeit zu dem folgenden allgemeinen Theorem.

Lehrs. 24. Damit sich ein freier materieller Punkt M unter einem Systeme von n Kräften $K_1, K_2, K_3, \dots, K_\varrho, \dots, K_n$, im Gleichgewicht befinde, ist es, in sofern man, ganz allgemein, die Intensität von K_ϱ mit P_ϱ , und die Winkel, welche die Richtung derselben mit denen von drei gegebenen, einander unter rechten Winkel schneidenden, Coordinaten-Axen bildet, mit $\alpha_\varrho, \beta_\varrho, \gamma_\varrho$ bezeichnet, wie auch

$$P_1 \cos \alpha_1 + P_2 \cos \alpha_2 + P_3 \cos \alpha_3 + \dots + P_\varrho \cos \alpha_\varrho + \dots + P_n \cos \alpha_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \alpha_\varrho,$$

$$P_1 \cos \beta_1 + P_2 \cos \beta_2 + P_3 \cos \beta_3 + \dots + P_\varrho \cos \beta_\varrho + \dots + P_n \cos \beta_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \beta_\varrho,$$

$$P_1 \cos \gamma_1 + P_2 \cos \gamma_2 + P_3 \cos \gamma_3 + \dots + P_\varrho \cos \gamma_\varrho + \dots + P_n \cos \gamma_n = \sum_1^n P_\varrho \cos \gamma_\varrho,$$

setzt, nothwendig und hinreichend, dafs man habe

$$\sum_1^n P_\varrho \cos \alpha_\varrho = 0, \quad \sum_1^n P_\varrho \cos \beta_\varrho = 0, \quad \sum_1^n P_\varrho \cos \gamma_\varrho = 0.$$

Beweis. Es bezeichnen $\alpha'_i, \beta'_i, \gamma'_i$ die Werthe der Winkel, welche die Richtung von $K_{(i)}$ mit den drei Richtungen bildet, die jenen drei als gegeben betrachteten resp. entgegen gesetzt sind; und A'_i, B'_i, C'_i drei Kräfte nach diesen neuen, oder ihnen entgegen gesetzten Richtungen. Damit nun diese mit K_i im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 23, Zus. nothwendig und hinreichend, daß man habe

$$\cos \alpha'_i = - \frac{a'_i}{P'_i}, \quad \cos \beta'_i = - \frac{b'_i}{P'_i}, \quad \cos \gamma'_i = - \frac{c'_i}{P'_i},$$

wo a'_i, b'_i, c'_i die numerischen Werthe der Intensitäten von A'_i, B'_i, C'_i in Verbindung mit den, sich auf die Richtung beziehenden, algebraischen Zeichen repräsentiren; und es ist ferner, in Folge der Construction

$$\alpha'_i = \pi - \alpha_i, \quad \beta'_i = \pi - \beta_i, \quad \gamma'_i = \pi - \gamma_i.$$

Bezeichnen nun A_i, B_i, C_i drei andere Kräfte, den Kräften A'_i, B'_i, C'_i , der Reihe nach, in Absicht auf die Richtungen entgegengesetzt, und mit ihnen im Gleichgewicht; so hat man, vermöge der Construction und des 15^{ten} Lehrsatzes, indem man die Intensitäten derselben durch a_i, b_i, c_i , und die Winkel, zwischen ihren Richtungen und der von K_i enthalten, durch $\alpha'', \beta'', \gamma''$ andeutet,

$$\begin{aligned} a_i &= a'_i, & \beta_i &= b'_i, & c_i &= c'_i; \\ \alpha''_i &= \pi - \alpha'_i, & \beta''_i &= \pi - \beta'_i, & \gamma''_i &= \pi - \gamma'_i. \end{aligned}$$

Verbindet man diese Gleichungen mit den vorigen, so kommt

$$\begin{aligned} \cos \alpha''_i &= \frac{a_i}{P_i}, & \cos \beta''_i &= \frac{b_i}{P_i}, & \cos \gamma''_i &= \frac{c_i}{P_i}; \\ \alpha''_i &= \alpha_i, & \beta''_i &= \beta_i, & \gamma''_i &= \gamma_i. \end{aligned}$$

Auf eine, in dem Beweise des vorigen Lehrsatzes angewandte, Weise ergibt sich ferner, daß sich M unter K_i substituiren läßt durch M unter A_i, B_i, C_i , für welche also dem Vorigen nach, die folgenden Gleichungen statt finden:

$$a_i = P_i \cos \alpha_i, \quad b_i = P_i \cos \beta_i, \quad c_i = P_i \cos \gamma_i \dots \dots (I).$$

Da dieses Resultat von ϱ unabhängig ist, so folgt, daß sich die $(n - 1)$ ersten Kräfte des Systems substituiren lassen durch drei Gruppen von Kräften, resp. von den vorigen Formen, von $\varrho = 1$ bis $\varrho = n - 1$ einschließlic genommen. In Folge des Lehrs. 15, Zus., in Verbindung mit Lehrs. 23, Zus., wird sich ferner die Gruppe von Kräften

$$A_1, A_2, A_3, \dots, A_i, \dots, A_{n-1},$$

als insgesamt mit der entsprechenden Coordinaten-Axe von einerlei oder entgegengesetzter Richtung, je nachdem namentlich die durch die vorigen Gleichungen bestimmten Werthe der Intensitäten mit dem positiven oder negativen Zeichen behaftet, substituiren lassen durch eine einzige Kraft X , deren Intensität

$$x = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_p + \dots + a_n \dots \dots (2),$$

die mit der entsprechenden Coordinaten-Axe von einerlei oder entgegen gesetzter Richtung seyn wird, je nachdem der Werth x mit dem positiven oder negativen Zeichen behaftet ist. Aus denselben Gründen, und unter analogen Bestimmungen, werden sich die Gruppen

$$B_1, B_2, B_3, \dots, B_p, \dots, B_{n-1}, \\ C_1, C_2, C_3, \dots, C_p, \dots, C_{n-1},$$

der Reihe nach, substituiren durch die Kräfte Y und Z , von den Intensitäten y und z , wo

$$y = b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_p + \dots + b_{n-1} \dots \dots (3)$$

$$z = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_p + \dots + c_{n-1} \dots \dots (4)$$

ist. Damit nun endlich die Kräfte X, Y, Z mit der n^{ten} Kraft K_n im Gleichgewicht seien, ist es, nach Lehrs. 23, Zus. nothwendig und hinreichend, dass man habe

$$x = -P_n \cos \alpha_n, \quad y = -P_n \cos \beta_n, \quad z = -P_n \cos \gamma_n.$$

Verbindet man mit diesen Gleichungen die Gleichungen (1), (2), (3), (4), und berücksichtigt dabei die oben eingeführte Bezeichnung; so erlangt man, als die, zum Behuf des Gleichgewichts nothwendigen, und zugleich hinreichenden, Bedingungen,

$$\sum_1^n P_p \cos \alpha_p = 0, \quad \sum_1^n P_p \cos \beta_p = 0, \quad \sum_1^n P_p \cos \gamma_p = 0.$$

Abhandlung
der
philosophischen Klasse
der
Königlichen
Akademie der Wissenschaften
zu Berlin.

~~~~~  
Aus dem Jahre  
1826.  
~~~~~

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

=====
In Commission bei F. Dummler.

I n h a l t.



SCHLEIERMACHER über den Begriff des Erlaubten.



Über
den Begriff des Erlaubten.

Von
Hⁿ. SCHLEIERMACHER.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 29. Junius 1826.]

Der Zusammenhang dieses Begriffs mit dem früher von mir behandelten Begriff der Pflicht ist so genau, daß diese Abhandlung nur als eine Erläuterung zu jener angesehen werden kann. Denn überall stellt sich das erlaubte in die Mitte zwischen das pflichtmäßige und pflichtwidrige, als ein drittes zu beiden welches keines von beiden sein will. Es will überall mit dem pflichtmäßigen das eine gemein haben, daß es nicht gewehrt werden kann; mit dem pflichtwidrigen aber das andere, daß es nicht gefordert werden darf. Eine Darstellung der Pflichtenlehre ist also erst völlig verstanden, das heißt, man übersieht erst ihr Verhältniß zur Gesamtheit des geistigen Lebens, wenn auch deutlich geworden ist, in wie fern sie diesem Begriff eine Wahrheit zugesteht, und was für einen Umfang sie ihm anweist. Dieses allein ist daher auch der Gegenstand der gegenwärtigen Abhandlung, ohne daß sie — sofern sich nicht auch dieses schon durch jene Untersuchung von selbst erledigt — ausdrücklich beabsichtige zu bestimmen, welche Handlungen oder Handlungsweisen in einzelnen Gebieten für erlaubt zu halten sind oder nicht; sondern sie hat es nur mit dem Begriff selbst und seinem Verhältniß zu den andern sittlichen Begriffen zu thun. Denn steht er gleich im unmittelbarsten Verhältniß mit dem Pflichtbegriff, so muß er doch eben deshalb auch ein Verhältniß haben zu dem Begriff der Tugend und dem des Guten.

Wenn nun meine vor einiger Zeit mitgetheilte Abhandlung über den Pflichtbegriff⁽¹⁾ das Ergebniß aufgestellt hat, daß pflichtmäßig jede solche

(1) S. den Jahrgang 1824. Philosoph. Klasse.

Handlung sei, welche, indem der Antrieb dazu von dem Interesse an einem bestimmten sittlichen Gebiet ausgeht, doch zugleich auch das Interesse an der Totalität der sittlichen Aufgabe befriedigt, pflichtwidrig aber dem gemäß nicht nur dasjenige, was der sittlichen Totalität oder einer einzelnen sittlichen Richtung widerstreitet ohne im letzten Fall von einer anderen solchen ausgegangen zu sein, weil nämlich der Antrieb blofs sinnlich ist, sondern auch welche Handlung wirklich von einer einzelnen sittlichen Richtung ausgeht, aber so dafs sich die Forderung einer andern sittlichen Richtung in dem gegebenen Moment gegen sie erhebt, so dafs sie in Beziehung auf diese zur Unzeit geschähe oder im Unmaafs: so fragt sich zunächst, was für Handlungen könnten wol zwischen diesen beiden liegend, solche erlaubte sein?

Zweierlei scheinen sich deren zu ergeben. Denn wenn zu einer Handlung zwar der Antrieb ein sinnlicher wäre, aber es erhöbe sich gegen sie keine Klage von irgend einem sittlichen Gebiete aus: so wäre eine solche weder pflichtmäfsig, weil der sittliche Antrieb, noch pflichtwidrig, weil der sittliche Einspruch fehlt. Eben so auch zweitens, wenn es möglich wäre, dafs der Impuls zu einer Handlung ausginge von dem Interesse an der gesamten sittlichen Aufgabe, aber ein einzelnes sittliches Gebiet erhöbe sich dagegen: so läge eine solche auf eine andere Weise zwar zwischen beiden, würde aber doch auch erlaubt zu nennen sein, wenngleich nur als eine Sache der Noth. Der Einspruch nämlich fehlt hier nicht, aber er wird, weil der vollkommene Antrieb da ist, überhört. Nur dafs dann auch das entgegengesetzte erlaubt sein mufs, nämlich dem Einspruch als dringend zu folgen und die angestrebte Handlung zu unterlassen, den Antrieb aber auf einen späteren Moment zu vertrösten. Die Noth aber ist eben dies, dafs vorausgesetzt wird, dafs das sittlich einzelne und die sittliche Totalität sich einander wenn auch nur momentan aufheben. Hieher gehören nun fast alle die so oft angeführten und beleuchteten Fälle von Selbsthülfe in der Noth auf Gefahr eines Andern zuzufügenden Unrechtes, sofern nämlich dabei immer vorausgesetzt wird, man dürfe den Trieb der Selbsterhaltung und die Richtung des Individuums auf die Totalität der sittlichen Aufgabe als eines und dasselbe ansehen. Allein die ganze Gegend bleibt, auch dieses zugegeben, immer verdächtig, indem ja doch ein Widerspruch in dem Gebiete des rein sittlichen vorausgesetzt wird, der eigentlich auf keine Weise angenommen werden kann, wenigstens nicht aus dem Standpunkte der angezogenen und

hier zum Grunde liegenden Abhandlungen, als welche eine wesentliche Zusammengehörigkeit alles dessen, was mit Recht sittlich soll genannt werden können, überall voraussetzen. Denn es hört alle Construction des pflichtmäßigen auf, mithin ist es auch um alle wissenschaftlichen Principien zur Beurtheilung der einzelnen sittlichen Handlungen geschehen, sobald ein Widerspruch statt finden kann zwischen dem was das Ganze fordert und dem worauf ein Theil Anspruch macht. Der Unterschied zwischen dem pflichtwidrigen und pflichtmäßigen wird sofort nur ein zufälliger und der Charakter des Pflichtbegriffs ist aufgehoben. Es möchte aber auch niemals nachzuweisen sein, daß überhaupt eine einzelne Handlung als von der Richtung des Willens auf die ganze sittliche Aufgabe ausgehend angesehen werden kann, weil durch diese allein nichts einzelnes bestimmt wird. Am wenigsten aber möchte man eine Äußerung des Selbsterhaltungstriebes so nennen können. Denn wenngleich der einzelne sich erhalten soll um sittlich zu leben, so ist doch ein jeder Ort der Selbsterhaltung nur bedingt durch die ihm eben vorliegenden sittlichen Aufgaben, damit diese nicht gestört werden und sonach durch wenngleich mannigfaches, doch immer einzelnes sittliches Interesse, gegen welches also auch ein anderes auftreten kann.

Genau betrachtet also würde auch das zweite was sich uns ergeben hätte, nur eine leere Stelle sein und die scheinbar dahin gehörigen Fälle wären bei dem ersten unterzubringen, wie denn alle sinnlichen Motive mehr oder weniger auf die Selbsterhaltung zurückgehn, die ja auch oft genug als die allgemeine Formel für alle ist angesehen worden. Sonach bliebe uns nur das erste übrig. Erlaubt nämlich wären solche Handlungen, bei denen zwar ein sinnlicher Impuls zum Grunde liegt, aber ein solcher, gegen den von keiner Seite der sittlichen Aufgabe aus protestirt wird. Da nun diese Protestation eben das ist, was einer Handlung das Gepräge der Schuld aufdrückt: so wäre das Erlaubte, wie es scheint, das unschuldige, und dann auch umgekehrt. Nämlich was erlaubt ist, das wäre unschuldig, weil es als nicht von dem sittlichen Interesse ausgehend auch nicht verdienstlich sein kann, und weil nicht im Widerspruch mit der sittlichen Aufgabe, auch nicht verwerflich; und das unschuldige wiederum müßte immer erlaubt sein, weil es zwar nicht pflichtmäßig ist seinem Ursprunge nach, aber auch nicht pflichtwidrig seiner Beschaffenheit nach. Wir haben nun hiedurch zwar ein neues Merkmal gewonnen, aber keinesweges etwa eine Entscheidung. Denn wenn man

freilich auf der einen Seite sagen möchte, daß es eine große Menge unschuldiger menschlicher Handlungen gebe, könne doch niemand bezweifeln: so ist auf der andern Seite wieder nicht zu läugnen, daß diese wesentlich der Kindheit angehören, welcher das sittliche Auge noch nicht geöffnet ist, und andern ähnlichen Zuständen. Es fragt sich also immer noch, ob und auf welche Weise es solche Handlungen geben könne, welche zwar von einem sinnlichen Antriebe ausgehen, aber doch keinen Widerspruch von dem sittlichen Interesse erfahren.

Wenn nun nach dem früher gesagten aus der Totalität aller pflichtmäßigen Handlungen auch alle Güter hervorgehn: so könnten also alle bloß erlaubte Handlungen an der Hervorbringung irgend eines Gutes keinen Antheil haben, und wären demnach unfruchtbar für das höchste Gut. Man sollte daher denken, es könne sich gegen dieselben nur in so fern kein Widerspruch von dem sittlichen Interesse aus erheben, als feststände, daß zu derselben Zeit dasselbe Subject nichts thun könne um das höchste Gut zu fördern. Eben so wenn jede Tugend nichts anderes ist als die kräftige Wirksamkeit eines sittlichen Antriebes, und mithin alle Tugenden in der Gesamtheit der von sittlichen Antrieben ausgehenden Handlungen vollkommen aufgehen: so hätte also an allen bloß erlaubten Handlungen, so fern sie ja von einem sinnlichen Antriebe ausgehn, keine Tugend irgend einen Antheil; und auch so betrachtet sollte man denken, die sittliche Lebenskraft des Individuum müsse sich allemal gegen solche Handlungen auflehnen und die sinnlichen Antriebe auch mit diesen Ansprüchen abweisen, es müßte denn sein, daß zu derselben Zeit gar keine Tugend sich wirksam beweisen könne. So zeigt sich demnach auf alle Weise, daß bloß erlaubte Handlungen in einem sittlichen Leben nur in so fern vorkommen können, als sie in eine als natürlich und nothwendig nachzuweisende Pause des sittlichen Lebens hineinfallen, so wie der Schlaf eine Pause des Seelenlebens ist. Und wie das Leben sich in dieser Beziehung in Schlaf und Wachen theilt, so müßte es sich in jener Beziehung theilen in das Pflicht- und Berufsleben oder, so können wir es wol nennen, den Ernst, welcher das eigentliche sittliche Wachen wäre, und in dieses andere, welches aus dem sittlichen Standpunkt betrachtet, weil keine Tugenden dabei wirksam sind, eben wie der Schlaf nur als ein unthätiger Zustand zu denken wäre, und auch wie jener aufser der Ernährung und Stärkung der sinnlichen lediglich dienstbaren

Kräfte, nur den Gehalt eines Traumes haben könnte. Wollen wir nun diesen Theil das Erholungsleben oder das Spiel nennen im Gegensatz gegen den Ernst oder das Berufsleben: so werden wir nicht weit fehlen, vielmehr sieht jeder leicht, daß alles, was wir mit solchen Namen zu bezeichnen pflegen, von denen die es vertheidigen immer nur als erlaubt in Schutz genommen wird, und daß, wo eines oder das andere dieser Art angefochten wird, die Rechtfertigung des Erlaubten immer darauf beruht, daß es unschuldig sei.

So scheint denn dieser Begriff ein überall in irgend einem Maafs anerkanntes, in den schönsten und edelsten Gestaltungen des menschlichen Daseins aber so gar weit umfassendes, und überall zugleich gewissermaßen unter sich zusammenhängendes Gebiet in unserm Leben einzunehmen. Je strenger und herber die ganze Form des Lebens, desto seltene und kürzere Pausen von sittlicher Anstrengung und Mühe, und umgekehrt, wo sich das Leben in größerer Fülle und Anmuth entfaltet; überall aber so oft der Ernst des Lebens nachläßt, und unser Beruf (das Wort in seinem weitesten Umfange genommen) feiert, so oft wir im Spiel irgend einer Art begriffen sind, im freien und fröhlichen geselligen Verkehr, im Gemüths irgend einer Kunst und Schönheit: so treiben wir Erlaubtes. Im Berufsleben soll die volle Zustimmung, das beifällige Bewußtsein, daß wir pflichtmäßiges treiben und für das höchste Gut arbeiten, uns beständig begleiten, wie im wachen Zustande das besonnene Selbstbewußtsein im allgemeinen Sinne des Wortes in jedem Augenblick jede Thätigkeit begleitet; wenn wir aber in diesem Zwischenraume des Spiels und der Erholung uns befinden, dann schläft jenes höhere Bewußtsein; aber es erwacht gleich wieder und ordnet das Leben, sobald wir wieder in den Zustand des Ernstes und der Pflichterfüllung zurücktreten. Ja auch das versteht sich schon aus dieser Analogie, daß wir doch dieses Gebiet des Erlaubten, wenngleich wir dabei nicht von sittlichen Antrieben ausgehen, keinesweges aller sittlichen Beurtheilung entziehen. Denn wie es einen erquicklichen Schlaf giebt und einen krankhaften, und so auch anmuthige Träume und düstere und erschreckende, und wir gern wachend etwas thun würden, wenn wir nur wüßten was, um diesen letzten zuvorzukommen und den Schlaf in seinen gesunden Typus hinein zu beschwören: so unterscheiden wir auch in erlaubten Handlungen ein mehr und minder zuträgliches und dem eigentlichen sittlichen Leben verwandtes, und möchten uns gern immer einen sittlichen Einfluß bewahren auf den Puls-

schlag in diesem Schlaf, und auf die Elemente, aus denen diese Träume sich zusammensetzen, und so scheidet sich denn, um auf eine alte Terminologie zurückzukommen, ein Vorgezogenes und ein Abgerathenes.

Eine solche Analogie wie die hier aufgestellte ist freilich kein Beweis, und es wäre ohnstreitig zu kühn, aus dem bisherigen folgern zu wollen. Spiel und Erholung wären aus dem Grunde erlaubt, und das Erlaubte sicher gestellt, weil es dieselbe Bewandnifs damit habe wie mit dem Schlaf. Indessen, wenn sie sich sonst nur halten läßt, wäre immer mit der Subsumtion unter ein so klares Verhältnifs nicht wenig gewonnen, und wir hätten daran eine gute Vorarbeit für die bestimmtere wissenschaftliche Begrenzung des Begriffs. — Aber läßt sie sich halten? und scheint nicht vielmehr die ganze Ähnlichkeit bei näherer Betrachtung wieder zu verschwinden, weil sie allzubedenklich wird, wenn wir auf Anfang und Ende eines solchen Zustandes zurücksehen? Denn der Rückgang aus dem freien Spiel mit erlaubten Handlungen in das eigentliche sittliche Leben gleicht doch dann dem Erwachen; und wie sollen wir eigentlich denken, daß uns das sittliche Leben immer wieder entsteht aus jenem, seiner Abstammung und seinem unmittelbaren Gehalt nach nicht sittlichen? Wenn wir doch in einer solchen Reihe von Momenten nicht von sittlichen Antrieben bewegt werden, sondern von sinnlichen, soll der Übergang von hier zum pflichtmäßigen Leben als der letzte Moment jener Reihe auch von sinnlichen Motiven abhängen, und nicht von sittlichen? Denn würde alles, was sich an diesen Moment des Erwachens anschließt, auch auf dasselbe Motiv zurückgeführt werden können, das Sittliche käme nur vermöge des nichtsittlichen zur Wirklichkeit, und das Berufsleben wäre mehr dem Schein als der Wahrheit nach von dem Erlöbungsleben geschieden, und jeder neue Abschnitt von jenem, da doch sein erstes Motiv in diesem läge, wäre nur gleichsam eine Episode von diesem. Eine Ansicht, auf welche sich freilich manche ethische Theorie von denen, die man als eudämonistische bezeichnet hat, zurückführen läßt, mit welcher aber Pflicht und Tugend als bestimmte Begriffe für sich überhaupt nicht, am wenigsten aber so wie wir sie bestimmt haben, zu vereinigen sind. Ein anderes wäre es, wenn sich auch von diesem Erwachen sagen liefse, es sei keine Handlung im eigentlichen Sinne des Wortes, wie dies von dem täglichen Erwachen aus dem Schlafe gilt. Denn alsdann wäre ein Motiv dazu gar nicht zu suchen, und es könnte also auch die Frage nicht entstehen, ob

dieses ein sittliches wäre oder ein sinnliches. Wir müßten dieses aufgreifend etwa sagen, das Erwachen zum Ernst des Lebens erfolge von selbst, sobald wieder Stoff gegeben sei zu pflichtmäßigen Handlungen, sobald sich wieder eine Wirksamkeit aufthue für die einwohnenden Tugenden. Allein hiedurch würden wir, wie mir scheint, nur eine Verlegenheit mit einer andern vertauschen. Denn zwischen dem bloßen Vorhandensein solchen Stoffes und dem Anfang einer neuen Reihe von Handlungen ist kein unmittelbarer Zusammenhang einzusehen. Der Stoff muß doch erst aus einem Äußeren ein Inneres geworden, er muß als Wahrnehmung oder wenigstens als Ahnung aufgenommen sein. Dann aber ist auch das Erwachen selbst ein sittliches Moment; es geht aus von dem Interesse an der Gesamtheit der sittlichen Aufgabe, und niemand wird läugnen können, daß bei gleichem Vorhandensein des Stoffes derjenige am frühesten erwachen wird, in dem das sittliche Interesse am lebendigsten ist. Aber so wie wir hier angekommen sind, scheint auch der Begriff, den wir bestimmen wollten, wieder ganz in Dunst zu zerfließen. Denn was wollen wir entgegen, wenn einer sagt, daß bei dem höchsten Grade des sittlichen Interesse gewiß niemand überhaupt erst einschlafen könne. Es werde ja wol immer ein kleinstes von sittlichem Stoff vorhanden sein, bestände es auch nur in Vorbereitungen und Übungen. Ja wenn auch gar nichts wahrzunehmen sei, so werde jenes lebendigste Interesse doch das Suchen nach sittlichem Stoff nicht aufgeben können. Dieses aber gehöre offenbar dem Wachen an, und nicht dem Schlaf; und so werde denn eine solche Pause, welche von den bloß erlaubten Handlungen ausgefüllt werden dürfe, gar nicht eintreten. Diese seien also immer nur eine Folge sittlicher Unvollkommenheit, ein Mangel an Tugend, mithin pflichtwidrig, weil zu derselben Zeit statt finden könne jenes offenbar pflichtmäßige Suchen. — Doch unsere Vergleichung bietet uns noch einen andern Ausweg dar. Es könnte nämlich jemand sagen, wie das Erwachen aus dem Schlaf auch in manchen Fällen wahrhaft eine Handlung sei, wenn wir uns nämlich von der Nothwendigkeit des Geschäftes oder von einem starken Entschlusse gemahnt, schon als wir uns dem Schlafe hingaben, vorgesetzt haben, zu einer bestimmten Zeit zu erwachen, und dies dann auch leisten: so sei es nun hier immer. Die Unterbrechung des pflichtmäßigen Handelns durch die Erholung sei nun größer oder kleiner, immer werde in sie nur eingewilligt als in eine Unterbrechung, mithin für eine bestimmte Zeit. So sei demnach das

Berufsleben keinesweges eine Episode, sondern das einzige ganz in sich zusammenhängende, und das Spiel sei die Episode im eigentlichsten Sinne, indem auch die Rückkehr von demselben zum Pflichtleben nicht aus der Erholung selbst als eine Wirkung derselben hervorgehe, sondern sie gehe vielmehr auf den Anfang derselben zurück und sei schon vollkommen begründet und bestimmt gewollt in demselben Zeitraum pflichtmäßiger Thätigkeit, auf welchen die Erholung gefolgt ist, so wie ja in jenem Falle das Erwachen auch noch dem wachenden Zustande vor dem Einschlafen angehört. — Auch diese Darstellung der Sache aber erklärt das Ende eines solchen Zustandes nur, indem es die Schwierigkeit auf den Anfang zurückwirft. Denn freilich, wenn eine Pause im Berufsleben beschlossen wird als eine solche, so wird ihr Ende schon mitbeschlossen, und dafs sie dann beendigt wird, ist dem gemäß eine vollkommen sittliche Handlung. Aber wenn es wahr ist, dafs immer entweder Aufforderung zu pflichtmäßigen Handlungen vorhanden ist, oder Gelegenheit dazu gesucht werden kann: wie mag denn ein Beschluß, diese Bahn auch nur auf eine kurze Zeit ganz zu verlassen, jemals ohne Pflichtwidrigkeit zu Stande kommen? Und hier eben scheint uns die Ähnlichkeit mit jenem andern Gebiete ganz zu verlassen. Das natürliche Erwachen freilich ist nicht nur dann, wenn es für einen bestimmten Zeitpunkt gewollt worden ist, wirkliche That, sondern es muß auch in jedem Falle, wenn das thätige Leben wieder beginnen soll, erst durch Besinnung auf den Gesamtzustand That geworden sein. Ganz ein anderes aber ist es mit dem Einschlafen. Dies ist niemals freie Handlung, sondern immer nur eine Naturnothwendigkeit, also für das geistige Lebensgebiet nicht eine That, sondern nur eine Begebenheit. Wir wehren uns dagegen oft, so lange wir nur irgend können, und bezeugen eben dadurch, dafs so lange wir noch im Stande sind zu wollen, wir auch die sittliche Thätigkeit fortsetzen wollen und nichts anderes; und eben so ist es mit der Zeit, die wir der Ernährung widmen. Denn wenn wir uns vielleicht in der Regel gegen Hunger und Schlaf nicht bis auf den letzten Augenblick wehren, und somit auch das Einschlafen freiwillig zu sein scheint: so kommt dies theils daher, weil, wenn wir den Kampf zu lange fortsetzen wollen, der Preis desselben immer schon früher verloren gehn würde, indem bei zu großer Anspannung der Kräfte nichts mehr gefördert wird; theils verbindet sich mit dieser Erfahrung die andere, wie viel heilsamer es ist, wenn auch diese unabweisbaren Forderungen der Natur in eine bestimmte Ordnung

gebracht werden. Was also hierbei als freiwillig erscheint, das ruht doch ganz auf der Naturnothwendigkeit, und ist nur eine Modification derselben. Das Übergehen aus dem Pflichtleben in die Erholung hingegen ist immer und ursprünglich freiwillig. Es giebt dafür gar keine Naturnothwendigkeit, und man kann niemals sagen, daß die Erholung so bestimmt als Bedürfniß indicirt sei, wie der Schlaf und die Ernährung es sind. Zumal einige strenge aber erfahrene Leute kommen und sagen, daß schon die Abwechslung in pflichtmäßigen Handlungen ein hinreichendes Mittel sei zur Wiederherstellung der psychischen Naturkräfte. Freiwillig also, und ohne daß eine hemmende Naturnothwendigkeit einträte, müssen wir die pflichtmäßige Thätigkeit, sei es auch nur für eine Zeit lang, aufgeben; und es fragt sich, ob dies auf eine pflichtmäßige Weise geschehen, ob ein solcher Entschluß aus dem sittlichen Interesse selbst hervorgehen könne. Es sei mir erlaubt, hier zu bemerken, daß meine neulich in der Akademie vorgelesene Abhandlung ⁽¹⁾ „Über Platons Ansicht von der richtigen Ausübung der Heilkunst“ denselben Gegenstand im Auge hat, und genau genommen, wiewol es nicht ausgesprochen wird, nichts anderes ist als von einem einzelnen Falle ausgehend eine casuistische Behandlung dieser Frage. Die Krankheit, welche einen bestimmten Verlauf hat, ist dem Schlaf zu vergleichen oder dem Hunger. Die Naturnothwendigkeit, das pflichtmäßige Handeln einzustellen, würde eintreten, sollte es auch größtentheils um etwas später geschehen, als der Arzt den Kranken in seine Behandlung nimmt, und sobald die Möglichkeit des Berufslebens wiedergegeben ist, hört auch die Unterbrechung auf. Wer hingegen auch die Kränklichkeit auf solche Weise behandeln läßt, daß er sein Berufsleben unterbricht, nicht um einer sichern Heilung willen, die in bestimmter Zeit erfolgen müßte, sondern nur um einer immer wieder zu erneuernden Linderung willen, der macht einen eben solchen Anspruch auf Erholung — denn was ist Linderung anders? — der nie kann sittlich gerechtfertigt werden; und Platons Meinung geht dahin, daß man nicht solle die pflichtmäßige Thätigkeit als die eigentliche Lebensbestimmung jenem Anspruch aufopfern, und nie eines bloß Erlaubten willen das Gebiet des pflichtmäßigen in immer engeren Grenzen einschließen, so lange es noch möglich

(1) Die Akademie hat dem Verfasser in Bezug auf diese Abhandlung den Wunsch gewährt, sie nicht in ihre Denkschriften aufzunehmen.

ist, es in weiterem Umfange zu erfüllen. Denn dafs ein solcher Gehorsam gegen den Arzt, wie sehr dieser auch sonst das Recht habe über die Kranken zu herrschen, doch immer nur etwas erlaubtes sei, das wird jedem einleuchten. Man kann die platonische Widersetzlichkeit rauh finden und eigensinnig, aber pflichtwidrig wird sie doch niemand nennen wollen, es müfste denn einer gar keine andere Pflicht gelten lassen wollen als die der Selbsterhaltung, und diese in dem weitesten Sinne. Ist nun aber der Ungehorsam nicht pflichtwidrig: so kann auch der Gehorsam nicht pflichtmäfsig sein, sondern nur etwas zwischen beiden. Und der dortige Eifer gegen die Weichlichkeit, mit welcher wir in solche Erholungskuren eingehen, geht zugleich auf alle Weichlichkeit, mit welcher wir dem Erlaubten einen freien Spielraum vergönnen; und den Ärzten sind in jener Beziehung alle diejenigen zuzugesellen, welche der Erholung dienen, und sich uns einander abwechselnd zuzuschieben suchen, jeder mit dem Anspruch, dafs wir nun auch um seinen willen unserm Berufsleben einige Zeit entziehen möchten, deren Verwendung in das was er uns darbietet, uns schon irgendwie zu Gute kommen werde in der Zukunft. Wenn man nun bedenkt, wie es in unserm heutigen Leben eine grofse keinesweges zu überschende Klasse giebt, für welche sich in immer nicht unbedeutender Zeit des Jahres das, was seinem Gehalte nach nur Erholung sein kann, so zusammendrängt, dafs zwischen Vorbereitung und Genufs und neue Vorbereitung kaum ein wenig von solcher Thätigkeit, die wirklich von sittlichen Impulsen ausgeht, gleichsam als Erholung von Erholungen eingeschoben werden kann: so wird auch jener Eifer minder barock und unphilosophisch erscheinen, weil er gegen eine Maxime gerichtet ist, welche, indem sie allen Ernst des Lebens bedroht, zugleich auch wenn sie Erfolg hätte, aller Philosophie ein Ende machen würde. Darum lobe ich mir für diesen Gegenstand einen berühmten Ethiker, wenn ich auch über anderweitige Anwendungen seiner Formel nicht überall mit ihm einig werden dürfte, welcher mancherlei Ansprüche, die in sein System von Pflichten nicht hinein gehen, damit abweist, es sei alles dergleichen, wozu man keine Zeit haben müsse, eine Formel, die auch schon in jener platonischen Diatribe vorkommt.

Und in der That, ohne mich auf die Frage einlassen zu wollen, ob alles nicht an sich pflichtmäfsige auf diese Weise abgewiesen werden kann, scheint es nicht schwer, die Formel so zu entwickeln und zu begründen.

dafs dadurch wenigstens auf mittelbare Weise die ganze Zeit, welche unser Begriff sich angemafst hatte, wieder für die Pflicht und den Beruf gewonnen wird. Denn wenn wir auch zugeben, es müßten aus irgend einem Grunde Pausen in dem Berufsleben eintreten, auch aufser denen, welche durch die Nothwendigkeit des Schlafes und der Ernährung erzwungen werden; muß deshalb die Zeit durch irgend etwas ausgefüllt werden, was mit dem sittlichen Interesse in gar keiner Verbindung steht? Was ich eben beiläufig als einen ziemlich unbestimmten und eben deshalb auch unsichern Ausspruch der Erfahrung angeführt habe, dafs schon Abwechslung mit verschiedenartigen pflichtmäßigen Handlungen eine Erholung gewähre, das läßt sich allgemeiner auf einen größern Gegensatz zurückführen, nämlich auf den zwischen der Betrachtung und der äufßern Thätigkeit, so nämlich, dafs denen, welche aus der Betrachtung ihr eigentliches Geschäft machen, schon jede nach aufsen gehende Thätigkeit, auch solche, die Berufsarbeit ist für Andere, Erholung gewähre, und eben so diejenigen, welche durch ihren Beruf an eine äufßere Thätigkeit gewiesen sind, sich schon in der Betrachtung erholen. Jene also dürften nur in bestimmten Zwischenräumen die Vertreter von diesen werden, um einer andern aufserhalb des sittlichen Gebietes liegenden Erholung nicht weiter zu bedürfen. Für die letzteren aber giebt es ein Gebiet der Betrachtung, auf welchem sie sich ergehen können, ohne den Zusammenhang mit der pflichtmäßigen Thätigkeit aufzugeben. Wenn ich aus der Abhandlung über den Pflichtbegriff zurückrufe, wie jede einzelne sittliche Willensbestimmung ein Product ist von der allgemeinen sittlichen Richtung des Willens in eine bestimmte äufßere Aufforderung, wird nicht daraus folgen, dafs alle Unvollkommenheit in der Pflichterfüllung theils auf einer schwachen Wirksamkeit des sittlichen Impulses beruhe, theils auf einem Mangel an Fertigkeit, die einzelnen Aufforderungen wahrzunehmen. Nun aber giebt es Betrachtungen, welche den sittlichen Antrieben einen neuen Zuflufs zuführen, und auch solche, welche die Aufmerksamkeit auf den sittlichen Gehalt und die sittlichen Bedürfnisse unseres Lebenskreises zu schärfen geeignet sind. Wer also mit solchen die geforderte Pause ausfüllt, der wird keines Überganges zu solchen Handlungen bedürfen, zu welchen sich keine sittlichen Motive nachweisen lassen, denn zur Theilnahme an solchen Betrachtungen findet Jeder das Motiv in dem Bewußtsein der Unvollkommenheit seiner Pflichterfüllung. Ja man könnte sagen, solle es überhaupt

einen hinreichenden Grund geben zu solchen Pausen: so könne es nur der sein, daß in einem längeren oder kürzeren Zeitverlauf dieses Bewußtsein so mächtig würde, daß die Aufforderung, sich zu sittlich stärkenden und belehrenden Betrachtungen hinzuwenden, alle anderen Aufforderungen überwiegt. Sei nun aber diese befriedigt: so trete auch unmittelbar der gewöhnliche Verlauf der Berufsthätigkeit wieder ein. Hier sind wir also bei einer rigoristischen Theorie angekommen, welche für alle solche Zwischenräume keinen andern Inhalt gestattet als die sittliche Betrachtung, und deshalb alles was sich unter dem Vorwande der Erholung als Erlaubtes eingeschlichen hatte, wenn auch die Form nicht gleich zerschlagen werden kann, doch in einen solchen Inhalt umlenkt. Und da nun die aus der Betrachtung hervorgehende sittliche Belebung und Reinigung unläugbar eine Vervollkommnung und also ein Theil der sittlichen Aufgabe ist: so kann Jedem, der im Begriff wäre, sich dem sogenannten Erlaubten hinzugeben, gezeigt werden, daß es in diesem Augenblick auch für ihn noch einen Theil der sittlichen Aufgabe zu realisiren gäbe, und Jeder wäre ohne alle Entschuldigung, wenn er nicht umlenkte. Auch hat wol Jeder diesen Anzeiger immer in sich selbst. Denn wer müßte nicht, so oft ihm die Aufforderungen zu pflichtmäßigen Handlungen nicht mehr in Fülle zuströmen, sich selbst einer sichtbaren Abstumpfung zeihen, welche ihm eine neue Belebung nothwendig macht. Mit hin giebt es keinen andern Wechsel als diesen, und die Formel, daß wir zu nichts Zeit haben sollen, was nicht pflichtmäßig, sondern nur erlaubt, nicht sittlich nothwendig, sondern nur sittlich möglich sein will, dafür aber auch nur von sinnlichen, oder wie man auch gesagt hat, pathologischen Motiven ausgeht, erscheint vollkommen gerechtfertigt. Vorausgesetzt also, das sei die richtige Vorstellung von erlaubten Handlungen, von der wir gleich anfänglich ausgegangen sind: so würde unsere Untersuchung dahin enden, daß man immerhin zugeben könne, diese Handlungen seien ihrem Inhalte nach nicht pflichtwidrig, und in sofern also an sich betrachtet sittlich möglich, wie ja auch das Erlaubte gewöhnlich erklärt wird; aber dies sei eine Möglichkeit von jener untergeordneten Art, welche nie realisirt werden kann. Denn solche Handlungen vollziehen wollen, sei immer pflichtwidrig, weil ein bestimmter Wille in einem Augenblick anders als aus sittlichen Motiven zu handeln, nothwendig voran gehen muß.

Wenn nun auf der einen Seite gegen die Art, wie uns dieses Ergebnifs entstanden ist, schwerlich viel einzuwenden sein möchte: so wird auf der andern Seite doch auch nicht leicht jemand das starre und versteinemde darin verkennen, wodurch sich überall die sittlichen Gestaltungen auszeichnen, die von dem isolirten Pflichtbegriff aus gebildet sind. Nun hängt aber die ganze bisherige Auseinandersetzung von unserer früheren Behandlung des Pflichtbegriffes ab, und zugleich beruht sie auf dem strengen Unterschiede zwischen rein sittlichen Motiven und sinnlichen oder pathologischen; es käme also zunächst auf einen Versuch an, ob nicht, wo dieser nicht auf dieselbe Weise anerkannt und jener Begriff anders gefasst wird, ein milderes und ansprechenderes Ergebnifs hervortritt; und man könnte die Frage aufwerfen, ob es nicht, statt den Begriff des Erlaubten aufzugeben, richtiger sein möchte, jenen Unterschied etwas minder scharf zu fassen und den Begriff der Pflicht irgendwie auf einen engeren Raum zu beschränken. Der Versuch wird aber wol nicht anders ausfallen als so. Wenn wir jene Unterscheidung bei Seite stellen, auf welcher der strengere Pflichtbegriff beruht, und vorzüglich zugeben, auch was wir nur von sinnlichen Bewegungen aus erstreben, gehöre mit zur Vollständigkeit des Lebens; so wird doch auch auf diesem Standpunct jeder, der nur überhaupt der Idee der Sittlichkeit eine Wahrheit beilegt, doch damit einverstanden sein, dafs der Zustand der vollkommensten sittlichen Selbstbejahung auch das höchste Bewußtsein und der höchste Lebenszustand sei. Soll nun zugleich noch ein Unterschied zwischen innerlich Gebotnem und lediglich Erlaubtem bestehen: so folgt auch nothwendig, dafs jener höchste Zustand nur durch die erste Thätigkeit herbeigeführt wird, durch die andere aber nicht. Wie soll sich einer aber freiwillig dazu verstehen, und nicht sich selbst Unrecht thun, wenn er es thäte aus jenem höchsten Zustand in einen niedrigeren überzugehen? Zumal uns das niedrigere doch schon von der Natur aufgedrungen wird, und dann unsere erste Sorge ist, es so viel möglich zu veredeln! Wenn sich also nun diese, die mehr den Standpunct der Lebensweisheit festhalten, mit jenen strengeren blofs rationellen Sittenlehrern vereinigen und nun noch eine dritte Klasse hinzukommt und dasselbige sagt, nämlich die strengeren Anhänger einer supernaturalistischen ascetischen Frömmigkeit, als welche sich auch nur durch die Naturnothwendigkeit überwältigt auf dem Gebiet der Natur bewegen wollen, sonst aber, um mich ihres Ausdrucks zu bedienen, nur

das für unsündlich erkennen, nicht etwa was der Gottandächtigkeit nur nicht widerspricht, sondern nur das was ihr unmittelbar angehört und von ihr ausgeht; welch ein gefährliches Bündniß gegen unsern Begriff von mehreren, welche sonst selten Eins sind! und doch wie natürlich muß es uns erscheinen, wenn wir nur noch Eine Betrachtung dazu nehmen. Denn jene rein rationellen Moralisten, denen die Pflicht allein das schlechthin heilige ist, unterscheiden sich zwar von den andern beiden wesentlich dadurch, daß sie sich niemals in dem einen Augenblick durch die Beziehung auf den andern bestimmen; dafür aber haben sie an dem sich immer gleich bleibenden Gebot einen Beziehungspunct, von dem sie sich niemals können entfernen wollen, so lange sie nicht das Gebot etwa in ein Verbot verwandeln. Die andern beiden, die es weniger scheuen, auf einen künftigen Moment Rücksicht zu nehmen, werden jeder auf seine Weise sagen — ich will es aber nur in einer Sprachweise ausdrücken — Wenn wir auch über den kritischen Augenblick einer freiwilligen vorübergehenden Entsagung auf das Höchste hinweggehen, so treten doch immer hernach Momente des höchsten rein sittlichen Bewußtseins ein, wo dieser sich in seiner richtenden Form auf die ganze Vergangenheit wendet, mit eingeschlossen diese Zustände der Unterbrechung des sittlichen Lebens. Ein solches wiederaufnehmendes Bewußtsein wird aber in allen zweifelhaften Fällen die Ergänzung oder Berichtigung des unmittelbaren. Wird nun alsdann die Vergangenheit um jener Unterbrechungen willen gemißbilligt, weil sich nun ein größerer Zusammenhang vorliegt, das sittliche zeigt, was in jener Stelle hätte geschehen sollen: so war es auch damals nur ein unvollständiges Bewußtsein, vermöge dessen sie uns als erlaubt erschienen, sondern sie sollten uns als pflichtwidrig erschienen sein. Verringert sich aber die Billigung auch alsdann nicht, erscheinen vielmehr jene damals nur als erlaubt unternommene Handlungen als wirksam in dem sittlichen Zusammenhange des Lebens: so war doch das frühere Bewußtsein ebenfalls unvollständig; denn wir sollten sie nicht nur für erlaubt, sondern für pflichtmäsig erkannt haben. Sonach würde also, sobald wir nicht eine unbestimmte Allgemeinheit im Auge haben, sondern von einer bestimmten Handlung die Rede ist, die in bestimmter Zeit vollzogen werden soll oder unterbleiben, das dritte zwischen dem pflichtmäßigen und pflichtwidrigen, welches unser Beweis aufstellen will, auf jeden Fall ausgeschlossen.

Und wie gestaltet sich die Sache, wenn wir auf das Verhältniß unseres problematischen Begriffes zu dem andern für uns außer allem Zweifel gestellten, nämlich zu dem Begriff der Tugend sehen wollen. Schon bei der Tugend im allgemeinen, noch mehr aber, wenn wir uns die Tugenden vereinzeln wollen, müssen wir auf zweierlei achten, auf die Stärke und Tüchtigkeit der bestimmten Thätigkeitsform, und auf die Unfehlbarkeit und Ausschließlichkeit ihres Zusammenhanges mit einem sittlichen Antriebe. Mag immerhin der Begriff seiner materiellen Seite nach einer unendlichen Theilbarkeit fähig sein; alle Fertigkeiten sind doch nur in sofern Tugenden, als sie nur durch einen sittlichen Antrieb in Bewegung gesetzt werden. Wenn nun die erlaubten Handlungen nur durch solche Thätigkeitsformen verrichtet würden, welche unfähig sind, dem sittlichen Antriebe zu folgen: so wäre es nicht möglich, dafs sie nicht sollten dem sittlichen Interesse widerstreiten, und also pflichtwidrig sein. Wenn nun aber Thätigkeitsformen, die ihrer Natur nach dem sittlichen Antriebe dienen können, und also auch häufig für ihn in Anspruch genommen werden, in den erlaubten Handlungen einem sinnlichen Impulse dienen: wie sollte es möglich sein, dafs dadurch nicht der Zusammenhang dieser Fertigkeiten mit dem sittlichen Antriebe, mithin auch ihr Tugendgehalt geschwächt würde! Betrachten wir nun von hier aus den ganzen Umfang des sogenannten Erholungslebens: so finden wir darin eine grofse Mannigfaltigkeit anmuthiger und zierlicher Fertigkeiten geschäftig, die wir nicht gerade Tugenden nennen, aber nahe verwandt finden wir sie den Tugenden, und müssen fast von ihnen allen rühmen, dafs durch sie auch die pflichtmäfsigen Handlungen, in denen sich die eigentlichen Tugenden zeigen, erst ihre höchste Vollkommenheit erlangen. Ist nun dieses nicht zu läugnen, wenn wir an die Meisterschaft in der Sprache, an die Anmuth in den Bewegungen, an das schöne Maafs in allen Äußerungen und an so vieles andere denken: so werden wir doch auch gestehen müssen, dafs diese Eigenschaften, wenn sie sich an den pflichtmäfsigen Handlungen finden, dann auch Tugenden sind, wenn auch nur untergeordnete, weil sie hier nur durch den sittlichen Antrieb in Bewegung gesetzt werden, welcher der Haupt-handlung zum Grunde liegt. Kommen sie aber vor in dem freien Spiel des geselligen Verkehrs: dann freilich sind sie keine Tugenden, weil der Zusammenhang mit dem sittlichen Antriebe fehlt. Wie soll aber das beides neben einander hergehen, ohne dafs eines dem andern schadet? Je weniger

der Lauf des Berufslebens unterbrochen worden, um desto schwieriger wird es dann werden, in diesen seltenen Fällen jene Fertigkeiten, die ganz in den Ernst des Lebens hineingezogen sind, für die wenn auch unschuldigen sinnlichen Antriebe in Gang zu bringen. Je mehr Raum das Erholungsleben annimmt, um desto mehr muß der Zusammenhang solcher Fertigkeiten mit den sittlichen Antrieben geschwächt werden, und also hier die Tugend allmählich verloren gehen. Daher ist auch hier das Endergebnis dasselbige. Wir dürfen es nie billigen, daß unsere wohl erworbenen Fertigkeiten bald einem sittlichen Antriebe dienen und bald einem sinnlichen. Wie unschuldig auch der letztere sein möge; das sinnlich begonnene kann doch nur sittenverderblich wirken; wenn also alles was zur Tugend gehört, in wahren Fortschreiten bleiben soll: so müssen die Handlungen, die wir geneigt sind als erlaubte zu dulden, ganz aus dem Leben verbannt werden, es müßte denn sein, daß auch sie in der That von sittlichen Antrieben ausgehen.

Sonach ist nur noch übrig, daß wir diese Handlungen in Beziehung setzen mit dem dritten Begriff, nämlich dem der Güter und Übel. Hier aber können wir nicht mehr ganz so verfahren wie bisher; denn wir haben es nicht mit den einzelnen Handlungen selbst zu thun, sondern mit dem, was aus der Gesamtheit gleichartiger Handlungen hervorgeht. Und hier muß sich also zeigen, ob, wenn wir auf diese Weise jede Art von erlaubten Handlungen für sich betrachten, man sagen kann, daß sie, im Allgemeinen und nur ihrem Inhalte nach angesehen, in der Mitte stehen zwischen dem sittlichen und unsittlichen. So wird es sich nämlich verhalten, wenn dasjenige, was sich aus ihnen als ein Ganzes gestaltet, weder ein Gut ist noch ein Übel. Sollte aber dieses nothwendig entweder ein Gut sein oder ein Übel: dann gewiß sind auch die Handlungen, woraus dieses hervorgeht, in dem einen Falle sittlich, in dem andern unsittlich. Nun ist gewiß, daß ohne die Gewohnheit des Spaziergehens keine schöne Gartenkunst vorhanden wäre, daß ohne die Neigung, Musik in Masse zu hören, unsere großen Gattungen tonkünstlerischer Production nicht beständen, und eben so wenig die dramatische Kunst, wenn sich niemand an ihren Darstellungen ergötzte ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Sollte jemand einwenden, man könne doch eigentlich nicht sagen, daß diese Künste aus den angegebenen Handlungen, im Ganzen betrachtet, entstünden: so bemerke ich dagegen, daß doch offenbar Musik hervorbringen und Musik aufnehmen, und so auch das übrige beides zusammengehört, ja wesentlich dasselbige ist, und sich nur verhält wie Spontaneität

Könnten wir nun wohl diese und andere ähnliche so große gemeinschaftliche Werke ganz aus dem sittlichen Gebiete verweisen und für sittlich gleichgültig erklären wollen? oder werden wir nicht immer sagen müssen, entweder es sei eine Unvollkommenheit, wenn sie in einem Volke ganz fehlen, und dann sind sie ein Gut, oder es sei ein Verderben, wenn sie in einem Volke auch nur irgendwie vorhanden sind, und dann sind sie ein Übel. Sonach muß aber auch in dem einen Falle sittlich, und also irgendwann pflichtmäßig sein, sie machen zu helfen, und in dem andern unsittlich und auf alle Weise pflichtwidrig, sie nicht nach allen Kräften zu hindern und zu stören. Oder — um noch ein anderes Beispiel anzuführen — es könnte jemand sagen, die Thätigkeit der Gedankenerzeugung sei nur rein sittlich, wenn sie absichtlich auf etwas bestimmtes gerichtet entweder das geschäftige Leben begleitet und diesem angehört, oder sich auf dem Gebiet der Wissenschaft an der Leitung einer strengen Methode entwickelt; aber Einfälle nicht sowol zu haben, denn das könnte als unwillkürlich nicht ganz hieher gehören, aber doch sie auszubilden und mitzuthellen, dieses könne doch nicht jenem gleichgestellt werden, sondern höchstens als etwas Erlaubtes durchgehen. Ich aber entgegen, daß wie durch jenes das Geschäftsleben und die Wissenschaft gemacht wird, so durch dieses das freie gesellige Gespräch in seinen verschiedenen reizenden Formen: und ich könnte nicht absehen, warum dieses weniger als jene sollte entweder ein Gut sein oder ein Übel. Ich trage daher kein Bedenken, hierauf gestützt den Ausspruch zu thun, daß so große und bedeutende Gebiete der menschlichen Gesamthätigkeit keinesweges dürfen der sittlichen Beurtheilung entzogen werden; und ich glaube, es wird schwer sein, irgend eine Thätigkeitsform, die man gern als erlaubt möchte gelten lassen, aufzufinden, welche im Großen betrachtet nicht einem solchen gemeinsamen Werke angehörte. Wie wir also auf der einen Seite sagen müssen, jede freie Handlung eines sittlichen Wesens muß entweder pflichtmäßig sein oder pflichtwidrig, und alle Fertigkeiten, welche in pflichtmäßigen Handlungen verwendet werden können, dürfen niemals einem, wenn auch

und Receptivität, und daß daher alle festlichen Versammlungen dieser Art angesehen werden können als ein aus Einem Impuls hervorgehendes Ganze, das nur aus in dem angegebenen Verhältniß ungleichartigen Theilen besteht, in welchem Einigen ihrer Beschaffenheit gemäß obliegt, productiv hervortreten, den Anderen, das Dargebotene aufzufassen und in sich lebendig zu erhalten.

noch so unschuldigen, doch blofs sinnlichen Antriebe folgen: so auch Alles, was aus freien Handlungen gleicher Art zusammenwächst, muß entweder ein Gut sein oder ein Übel. Sonach würde der Begriff des Erlaubten aufgehoben, und sein Inhalt müßte — wie, das lassen wir dahin gestellt sein — unter die beiden Glieder des Gegensatzes, zwischen denen es sonach kein drittes gäbe, vertheilt werden.

Nachdem sich nun von allen Seiten her gleichmäfsig dasselbe ergeben hat, kann wol die oft wiederholte Klage, das sei eben die Krankheit der Theorie, ihren Gegenstand so auf die Spitze zu stellen, dafs sie sich selbst dadurch alles Einflusses auf die Ausübung beraube, nicht weiter gehört werden; denn hier möchte schwerlich eine Wahl sein. Wenn wir ein sittlich gleichgültiges zwischen einschieben zwischen Gebot und Verbot, und also durch die Theorie selbst der Willkühr und dem einzelnen ja augenblicklichen Gutdünken einen Spielraum gestatten, was der Theorie mehr als alles andere entgegen ist: so geht dieser Einflufs ebenfalls verloren; aber es möchten überdies von der eigentlich sittlichen Theorie kaum noch unzusammenhängende Bruchstücke übrigbleiben, und sehr bald alles, was Pflicht auch im sittlichen Sinne sein soll, auf das Gebiet des äufsern Gesetzes beschränkt werden.

Nur das sind wir freilich schuldig zu erklären, wie doch dieser Begriff, wenn er so ganz unstatthaft ist, entstanden sei und sich so weit verbreitet habe. Dies hat aber auch keine Schwierigkeit, vielmehr führt schon das eben gesagte unmittelbar darauf. Das ist nämlich wol klar, dafs der ursprüngliche Sitz dieses Begriffes nicht das Gebiet der Sittlichkeit sein kann, auf welchem er eben gar nicht statthaft ist. Er gehört aber in das Gebiet des positiven Rechtes und Gesetzes; und im bürgerlichen Leben giebt es ursprünglich in eben diesem Sinne ein Erlaubtes, dafs es nämlich in der Mitte steht zwischen dem gesetzlichen und dem gesetzwidrigen, als dasjenige offenbar, was das Gesetz gar nicht zu seinem Gegenstande gemacht hat. Denn in dem vorbürgerlichen Zustand, wo es kein äufserlich gebotenes und verbotenes giebt, giebt es eigentlich auch kein Erlaubtes, und nur wir von dem gesetzlichen Zustande aus werfen die Frage auf, ob dort alles erlaubt sei. Aber es giebt eben deshalb auch auf jener Stufe wenig individuelle Entwicklung des Willens, sondern nur eine gleichförmige Art und Weise. Mit dem Anfang des bürgerlichen Zustandes setzt das Gesetz sich selbst als Gebot und Verbot, und zugleich erwacht im Gegensatz der individuelle Wille; beides

von einem Kleinsten beginnend in fortschreitender Entwicklung. In demselben Maafs aber entwickelt sich auch dem Gesetz gegenüber der Wille des Einzelnen und bemächtigt sich des freigelassenen Thätigkeitsstoffes, und das ist das Gebiet des Erlaubten. Zwar unterscheidet schon der Autor *ad Herrenn.* (1) erlaubende Gesetze von nöthigenden Gesetzen, und auch bei Cicero (2) kommt dasselbe vor, und hernach eben so bei späteren römischen Rechtslehrern (3); und wahrscheinlich ist die Quelle dieser Vorstellung schon griechisch, allein es ist wol nicht zu bezweifeln, das Erlaubnißgesetze im römischen Staate sich immer nur auf frühere Verbote bezogen als Aufhebung oder als theilweise Begrenzung derselben, und dies gilt auch von denen Erlaubnißgesetzen, welche Kant versucht hat geltend zu machen. Ein bürgerliches Erlaubnißgesetz ohne eine solche frühere Beziehung läßt sich nur denken in dem Falle, wenn sich für die Bürger eine bisher noch gar nicht vorgekommene Thätigkeit aufthäte. Aber auch dann wäre eine von der höchsten Gewalt ausgehende Erlaubniß doch immer ein Beweis, das sie an dieser Thätigkeit Interesse nimmt, und wäre für eine Aufforderung oder Auctorisation zu achten. Man kann daher genau genommen keinesweges sagen, das in einem Staate das Gesetz eigentlich eine erlaubende Macht, folglich in demselben nichts erlaubt sei, als was vermöge eines Gesetzes erlaubt ist. Vielmehr werden in dem gewöhnlichen Leben des Staates die Gesetzhüter nie in den Fall kommen zu fragen, wer hat dir das erlaubt? angenommen da, wo ein Verbot besteht, unter welches die Handlungen hätten subsumirt werden sollen, so das die beständige Beziehung des Erlaubten auf das Verbotene wol nicht bezweifelt werden kann. Nur Barbeyrac (4) geht von einer andern allgemeinen Voraussetzung aus, als ob der Gesetzgeber genau genommen über alle Handlungen seiner Angehörigen zu disponiren habe, und also in der That nichts anders erlaubt sei als durch ihn. Allein dies ist nur für einen solchen Zustand richtig, in welchem die Obrigkeit im eigentlichsten Sinne eine väterliche Gewalt ausübt, und also eine gänzliche Unmündigkeit der Unterthanen vorausgesetzt wird. Wie aber in

(1) II, 10. *utrum leges ita dissentiant, ut altera cogat altera permittat.*

(2) *De Invent.* II, 49. *utra lex iubeat aliquid, utra permittat.*

(3) *Legis virtus est imperare, vetare, permittere, punire.* Modestin. L. 7 D. *de legib.* I, 3.

(4) In der Übersetzung des Grotius B. 1, S. 49, Note 5.

einem solchen Zustande allerdings der Gegensatz zwischen dem Erlaubten auf der einen Seite und dem Gebotenen und Verbotenen auf der andern fast verschwindet: so auch jener andere, dafs der freie Wille des Einzelnen sich fortentwickelnd einzelnes vollbringt, das Gesetz hingegen in allgemeinen Acten die Stabilität repräsentirt, d. h. es ist ein Zustand, der als gesetzlicher erst ein kleinster ist. Wo aber das bürgerliche Leben schon auf einer höheren Stufe steht, da nimmt der freie Wille der Einzelnen immer mehr Material als erlaubt in Besitz und ruft es auch hervor, und aus diesem erst bestimmt dann, wenn die gemeine Sache es erfordert, das Gesetz wiederum einiges als gesetzmäfsig und geboten, und anderes als verboten und gesetzwidrig. Und so ist es natürlich immer ein sehr gutes Zeichen für einen Staat, wenn sich in demselben eine recht grofse Mannigfaltigkeit von erlaubten Handlungen, als die Hauptmasse der gemeinsamen Thätigkeit, gestaltet. Es ist das Zeichen von einer erfolgreichen Regsamkeit, und zugleich von einer dem Gemeinwohl so zusagenden Richtung derselben, dafs die Gesetzgebung nicht nöthig findet, die Äufserungen des freien Willens der Einzelnen durch Verbote zu hemmen oder ihnen durch Gebote ein Gegengewicht zu geben. Hier also ist der eigentliche Sitz des Erlaubten, und jede Handlung wird so genannt, welche, wenn sie aus dem freien Willen der Einzelnen entspringt, aus dem Gesetz nicht kann angefochten werden. Auf diesem Verhältnifs also, dafs ein handelnder Wille da sei und ein Gesetz aufser dem Willen, ruht der Begriff wesentlich; und je mehr dem freien Willen der Einzelnen in diesem Verhältnifs überlassen ist, um desto lieber und kräftiger unterstützen sie auch wieder das Gesetz. — In diesem vom bürgerlichen Gesetz frei gelassenen Gebiete aber gestaltet sich früher oder später ohnfehlbar wieder ein anderes feststehendes, nämlich das Gebiet der Sitte und der öffentlichen Meinung. Hier finden wir also wieder bestimmte übereinstimmende Billigung und Mißbilligung, welche wir aussprechen, wenn wir nach Maafsgabe der Wichtigkeit und der Beschaffenheit des Gegenstandes das eine anständig oder schicklich nennen, und das andere mit dem entgegengesetzten Namen bezeichnen. Nicht ist diese dem Gebot und Verbot des Gesetzes zu vergleichen; denn die Sitte gebietet nicht, weil sonst unterbleiben würde, was sie verbietet, und umgekehrt verbietet sie auch nicht gleich dem Gesetz, was sonst geschehen würde; sie ist nichts aufser dem Willen der Einzelnen, sondern sie ist die Übereinstimmung dieser einzelnen Willen.

Darum freuen wir uns auch hier nicht daran, als wäre es eine Folge schöner und freier Entwicklung, sondern wir achten es als ein Zeichen herannahenden Verfalls der Gesellschaft, wenn es sehr viele Handlungsweisen giebt, welche die Sitte gleichgültig übersieht, und über welche sich die öffentliche Meinung nicht ausspricht. Und so erscheint es denn, weil das Erlaubte dem Rechtsbegriff angehört, und nicht dem Pflichtbegriff, auch ganz natürlich, daß wir schon auf dem Gebiet der Sitte, welches auch schon außer dem des Rechtsbegriffes liegt, keinen Wohlgefallen haben an einem solchen mitten zwischen dem löblichen und tadelnswerthen inne liegenden. Viel weniger also noch auf dem Gebiete des eigentlichen sittlichen Pflichtbegriffs, wo jede Bestimmung nichts anderes ist als der sich selbst setzende vollständige Wille des Einzelnen selbst. Denn eher noch kann jene freie Übereinstimmung der einzelnen Willen unsicher erscheinen, so daß wir nicht wissen, ob wir etwas sollen anständig nennen oder unschicklich, als daß dem einzelnen Willen für sich ähnliches begegnen könnte.

Es scheint daher nothwendig zu folgen, daß wenn man das sittliche Handeln so ansieht, wie hier überall vorausgesetzt wird, daß nämlich die Vernunft nicht bloß abschlägt oder genehmigt, sondern ursprünglich die Handlungen bildet, alsdann das Erlaubte von diesem Gebiet verwiesen werden muß, so daß kein sittlich handelndes Subject eine Handlung zu Stande bringt unter dem Titel einer erlaubten, sondern das Erlaubte gehört nur dem Rechtsgebiet an, aber das dort Erlaubte thut der sittlich Handelnde in jedem einzelnen Fall nur als die Pflicht des Augenblicks, oder unterläßt es, weil er eine andere zu thun hat. Und nur wenn die Vernunft im sittlichen Handeln beschränkt wird auf Gewährung oder Versagung des anderwärts her geforderten, wie dies allerdings der Fall ist, wenn sie nur ein Gesetz aufstellt, wonach sie die Tauglichkeit der Maximen beurtheilt, selbst also nichts thut als Recht sprechen; in einer solchen Sittenlehre muß des Erlaubten viel aufgestellt werden. So daß die Zulassung dieses Begriffes auf dem sittlichen Gebiet ein charakteristisches Merkmal derjenigen ethischen Systeme ist, welche ich die negativen genannt habe. Wer aber verlangt, es solle sich im sittlichen Menschen alles nur als Organ zur Intelligenz verhalten, der kann jenen Begriff nicht zulassen, sondern muß auch fordern, daß jede Handlung der Idee der Sittlichkeit widerspreche, zu welcher der Impuls nicht von der Intelligenz ausgegangen ist.

Ohne nun hiervon das mindeste nachzulassen, kann ich doch den Sprachgebrauch nicht verdammen wollen, welcher diesen Ausdruck nicht rein auf das Gebiet des bürgerlichen Gesetzes beschränken will; und es ist mir nur noch übrig, die Erweiterungen zu bezeichnen, welche ihm in Übereinstimmung mit dem bisherigen gestattet werden können. Denn zuerst können wir ja unser ganzes Sein und Leben im Staat so ansehen, daß wir durch eine freie Willensbestimmung hineintreten. Wenn diese nicht in allen Staaten auf eine so bezeichnende und feierliche Weise zur Anschauung gebracht wird, wie in einigen: so ist das eher ein Fehler zu nennen, aber die Sache ist überall dieselbe. Was nun von dieser Willensbestimmung gilt, daß nämlich durch dieselbe eine große Menge von künftigen Handlungen schon im voraus bestimmt sind, diejenigen aber, von denen dieses nicht gesagt werden kann, eben die erlaubten sind, die wir schlechthin so nennen — sie sind es aber eigentlich nur in Bezug auf jene Willensbestimmung: eben das muß gelten von allen Willensbestimmungen, durch welche ein dauerndes Verhältniß angeknüpft wird, daß alle nicht durch sie schon im voraus bestimmten Handlungen in Beziehung auf sie erlaubt sind, jede von ihnen ist aber jedesmal, wenn sie vollzogen wird, dennoch für den Thäter nur entweder pflichtmäßig oder pflichtwidrig. Ob sie nun aber das eine oder das andere ist, ob, nachdem der einzelne sittliche Impuls gegeben war, der Gedanke der Handlung auch an die Totalität der sittlichen Aufgabe gehalten worden ist, und sich kein Widerstreben gefunden hat, oder ob es sich entgegengesetzt verhält, das wird in den meisten Fällen nur der Thäter selbst wissen, und wem er es offenbaren will. Jeder Andere kann von jeder Handlung eines Anderen, welche nicht schon durch ein ihm bekanntes Verhältniß des Thäters irgendwie müßte im voraus bestimmt worden sein, auch nur sagen, daß sie von seinetwegen und für seine Kenntniß eine erlaubte sei. Wodurch aber auch der Beurtheilende, wenn er anders sich selbst recht versteht, den Thäter keinesweges davon freisprechen will, daß er bei der Handlung selbst sich in einem Zustande vollkommener sittlicher Zustimmung müsse befunden haben.

Und was diesem Gebrauch des Wortes den weitesten Spielraum eröffnet, das sind die engen Grenzen, in welche das Sich offenbaren wollen selbst eingeschlossen ist. Wir können den Zustand der festen Überzeugung und gänzlichen Zustimmung zu unsern Handlungen fast nur dann in Worte fassen und mittheilen, wenn wir selbst genöthigt gewesen sind, mit Worten

zu rechnen, wenn uns diese vollkommne Sicherheit entstanden ist durch überwundene Bedenklichkeiten, durch aufgelöste Zweifel, durch eine wohl abwägende Wahl zwischen verschiedenen Ansprüchen; und dies ist vielleicht bei den meisten unserer freien Handlungen der Fall, aber diese sind dann nicht die begeistertsten, nicht die reinsten. Die vollkommenste Sittlichkeit ist nur da, wo unsere volle Überzeugung sich gleich, und ohne dafs etwas anderes dazwischen tritt, der Handlung zuwendet und sie gestaltet, und solche Handlungen sind es, auf welche wir auch lange hernach noch mit derselben Befriedigung sehen. Von solchen Augenblicken aber, die nicht auch innerlich durch Worte vermittelt waren, durch Worte Rechenschaft zu geben, ist uns nicht verlihen; und so müssen wir oft zufrieden sein, wenn das Urtheil Anderer uns das als etwas wol erlaubtes durchgehen läfst, worin wir selbst uns der sittlichen Kraft unseres eigenthümlichen Lebens auf das bestimmteste bewußt geworden sind.



Abhandlungen

der

historisch-philologischen Klasse

der

Königlichen

Akademie der Wissenschaften

zu Berlin.

Aus dem Jahre

1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1829.

In Commission bei F. Dümmler.

Inhalt.



IDELEK über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien.....	Seite	1
BUTTMANN über die Entstehung der Sternbilder auf der griechischen Sphäre	-	19
BOPP. Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen	-	65
RITTER über geographische Stellung und horizontale Ausbreitung der Erdtheile	-	103
BEKKER. Der Roman von Fierabras, Provenzalisch.....	-	129



Über
die Längen- und Flächenmaße der Alten.
Dritter Theil.

Von den Wegemaßen der alten Geographie.

Zweiter Abschnitt.

Über die von d'Anville in die alte Geographie eingeführten Stadien (*).

Von
H^{m.} IDELER.

[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 13. Julius 1826.]

Ich habe in den Jahren 1812 und 13 der königlichen Akademie eine Abhandlung über die Längen- und Flächenmaße der Alten vorgelegt, worin ich nicht bloß die Verhältnisse der einzelnen Maße noch sorgfältiger als meine Vorgänger zu ermitteln, sondern auch die ihnen zum Grunde liegenden Einheiten, den römischen und griechischen Fuß, auf mehr als einem Wege zu bestimmen mich bemüht habe. Das Resultat dieser Untersuchungen, so weit es die Wegemaße betraf, war das längst bekannte, daß die geographische Meile oder der funfzehnte Theil eines mittleren Breitengrades sich sehr nahe mit 5 mille passus oder römischen Meilen und mit 40 olympischen Stadien vergleicht. Auch habe ich wahrscheinlich zu machen gesucht, daß die Griechen, bei aller Verschiedenheit ihrer übrigen gesetzlichen Einrichtungen, nur einerlei Fußmaß gebrauchten, und daß ihnen bei der Feststellung desselben die olympische Rennbahn, die, wie jede andere, 600 Fuß hielt, als Typus diente, so daß ihnen das Wort Stadium, das bekanntlich die Rennbahn bezeichnet, zugleich eine Länge von 600 Fuß bedeutete. Um diese lange unterbrochene Untersuchung zu beendigen, blieb mir noch die wichtige Frage zu beantworten übrig, ob man mehrere Wegemaße des Namens Stadium, oder nur eins, das olympische, anzu-

(*) Der erste Abschnitt findet sich in den Abhandlungen der Akademie vom Jahr 1825.

nehmen habe. Um mir die Lösung derselben vorzubereiten, habe ich in meiner letzten Vorlesung von den Gradmessungen der Alten gehandelt und zu zeigen gesucht, daß die Nachrichten, die darüber auf uns gekommen sind, von ihren Methoden eine viel zu ungünstige Idee erwecken, als daß die von einigen französischen Gelehrten daraus abgeleiteten und in die alte Geographie eingeführten Stadien zu $1111\frac{1}{9}$, $833\frac{1}{3}$, 700, $666\frac{2}{3}$ und 500 auf den Erdgrad, wenn sich nicht anderweitige Beweise dafür beibringen ließen, irgend einiges Zutrauen verdienten. Durch diese Abhandlung glaube ich das Unstatthafte, wenigstens Unsichere, der fünf von Hrn. Gosselin angenommenen astronomischen Stadien dargethan zu haben, es sei denn in den Augen derer, die, so wie er, alle geographische Kenntnisse der Griechen, mit Ausnahme einiges Details, als Überreste einer frühzeitig untergegangenen wissenschaftlichen Cultur der Phönizier, Chaldäer und anderer asiatischen Völker zu betrachten geneigt sind. Die ganze Frage reducirt sich jetzt nur darauf, ob wir neben dem olympischen Stadium zu 40 auf die geographische Meile noch die zwei von d'Anville zuerst aufgestellten kürzeren zu 50 und 75 anzunehmen haben; denn so manche andere Stadien, die das Ausland seit der letztern Hälfte des vorigen Jahrhunderts hervorgebracht hat, sind längst in ihr Nichts zurückgesunken. Die deutschen Geographen, mit Hrn. Mannert an ihrer Spitze, wollen an keine Verschiedenheit des Stadiums glauben.

Ich mache mit dem angeblichen Stadium zu 75 auf die geographische Meile den Anfang. Ein solches Wegemaß müßte nicht mehr als 314 rheinländische oder preussische Fufs gehalten haben. Da nun Stadium bei den Griechen eben so eine Länge von 600 Fufs hiefs, wie bei uns Ruthe von 12, so konnten sie gar nicht darauf fallen, ein Stadium von dieser Länge zu bilden, weil sie sonst den Fufs eines Kindes zum Modell hätten nehmen müssen. Wenn wir demnach manche allerdings befremdende Stadienangaben beim Herodot durch ein so kurzes Stadium erklären wollten, so müßten wir mit d'Anville sagen, er habe irgend ein auswärtiges, in Ägypten oder anderswo gebräuchliches, von dem olympischen Stadium sehr verschiedenes Wegemaß eben so mit dem Worte $\Sigma\tau\acute{\alpha}\delta\iota\omicron\nu$ belegt, wie er sich zur Bezeichnung eines größern anerkannt ägyptischen Maßes des griechischen Wortes $\Sigma\chi\acute{\alpha}\nu\epsilon\varsigma$ bedient.

Σχοῖνος, schoenus, ist ein Ägypten vorzugsweise angehöriges Wegemaß, dessen einheimischen Namen wir nicht kennen ⁽¹⁾. Nach Hieronymus war es von den Stationen der Schiffszieher am Nil entlehnt. *In Nilo flumine*, heißt es bei ihm ⁽²⁾, *sive in rivis eius, solent naves funibus trahere, certa habentes spatia, quae appellant funiculos, ut labori defessorum recentia trahentium colla succedant*. Man wird leicht erachten, daß die Intervalle dieser Stationen durch die Localität und das Gefälle des Flusses bedingt waren; und wirklich versichert Strabo ⁽³⁾, beim Befahren des Nils bemerkt zu haben, daß sie eine veränderliche Länge hatten, sich defsfalls auch auf Artemidor von Ephesus berufend, nach welchem sich die Schoinen verkürzten, so wie man den Nil hinaufführ, so daß sie zwischen Theben und Syene nur noch halb so lang waren, als zwischen Memphis und Theben. Wenn er aber hieraus schliessen will, daß auch das davon entlehnte Wegemaß wandelbar und unbestimmt war, so können wir ihm unmöglich beipflichten, da es gar nicht wahrscheinlich ist, daß der Schoinos, das einzige uns bekannte Wegemaß der Ägypter, nicht eine gesetzliche Länge erhalten haben sollte.

Das *Itinerarium Antonini* bezeichnet eine Station zwischen Pelusium und dem Berge Casius, welche es von jedem dieser Punkte um zwanzig römische Meilen entfernt setzt, mit dem Namen *Pentashoenon* ⁽⁴⁾. Hieraus folgern Wesseling und d'Anville ⁽⁵⁾ gewiß nicht mit Unrecht, daß der

⁽¹⁾ Da Σχοῖνος, Schnur, für ein geodatisches Maß eine so natürliche Benennung ist, so kann ein solches unter analogen Namen auch außer Aegypten existirt haben; und wirklich legt Plinius (II. N. VI, sect. 30) den Schoenus zugleich mit dem Parasang auch den Persern bei — *Persae quoque schoenos et parasangas alii alia mensura determinant*. Nach Strabo (I. XI. p. 530) hat Theophanes aus Mitylene, der Begleiter und Geschichtschreiber des Pompeius, den Schoinos zur Ausmessung Armeniens gebraucht, und Isidorus von Charax, ein im ersten Jahrhundert nach Christus lebender Geograph, gibt in einem auf uns gekommenen kurzen Aufsatz des Titels *παρασιὰ παράσιαι* (Geogr. Min. Vol. II) die Dimensionen des damaligen Reichs der Parther in Schoinen an. Nach Athenäus (III, p. 122) soll Σχοῖνος gar ein persisches Wort sein, was ihm schwerlich jemand glauben wird. Wir kennen aber das Gehalt dieses Maßes nur mit Bezug auf Aegypten mit Sicherheit.

⁽²⁾ *Comment. in Ioëlem*, Tom. VI, p. 215 der veroneser Ausgabe seiner Werke.

⁽³⁾ I. XVII, p. 504. Vergl. I. XI, p. 518.

⁽⁴⁾ S. 152 der wesselingischen Ausgabe der römischen *Itineraria*.

⁽⁵⁾ S. 83 seines *Mémoire sur la mesure du Schène Egyptien et du stade qui servoit à le composer*. *Mém. de l'Acad. des Inscr.* Tom. XXVI.

Schoinos vier römische Meilen hielt. Eben dies sagt uns Heron ausdrücklich (1), und da er, wie ich zu seiner Zeit gezeigt habe, der römischen Meile $7\frac{1}{2}$ Stadien beilegt, so setzt er hinzu, daß auf den Schoinos dreißig Stadien gehen. Auch beim Epiphanius kommen ein paar Reductionen vor, die diese Meilenzahl geben (2).

Gehen demnach vier römische Meilen auf den Schoinos, so hielt dieses ägyptische Wegemaß 32 olympische Stadien, die wir auch beim Plinius genannt finden — *aliqui XXXII stadia singulis schoenis dedere* (3). Es kommen aber noch anderweitige Reductionssätze zu 30, 40 und 60 Stadien vor. Der 30 Stadien gedenkt nicht bloß der sehr spät lebende Heron, der sich eines von dem olympischen verschiedenen, etwas größern Fußes bediente; sie liegen auch mehreren Reductionen beim Strabo (4) und Ptolemäus (5) zum Grunde. Rührt dieser Unterschied von zwei Stadien nicht etwa daher, daß der Schoinos sich nicht genau mit vier römischen Meilen verglich, sondern ein wenig kürzer war (beide Maße waren ohne Zweifel unabhängig von einander bestimmt), so läßt er sich nur daraus erklären, daß man den Schoinos mit dem Parasang verwechselte, dem Herodot, Xenophon und andere dreißig Stadien geben. Vierzig Stadien legte dem Schoinos Eratosthenes bei, wie uns Plinius sagt (6), sechzig niemand weiter als Herodot (7).

Beim letztern findet sich nämlich folgende Stelle (8): „Die Ausdehnung Ägyptens am Meer beträgt nach meiner Bestimmung 60 Schoinen, vom

(1) Ἡ σχοῖνος ἔχει μάλιστα δ', σταδίου λ'. *Analecta* p. 315. Die Späteren machen σχοῖνος zu einem Femininum.

(2) *Haeres.* XIX, c. 4. Isidorus von Charax hat nach Hrn. Rennell (*The geogr. system of Herodotus* p. 19) den Schoinos eben so gerechnet.

(3) H. N. XII, 30.

(4) I. XVII. a. a. O.

(5) *Geogr.* I. I. c. 11 und 12.

(6) *Schoenus patet Eratosthenis ratione stadia XL, hoc est, passuum quinque millibus.* An der eben citirten Stelle. Die 5 römischen Meilen sind eine vom Plinius hinzugefügte Reduction der 40 Stadien. Er rechnet immer acht Stadien auf die römische Meile.

(7) Nach d'Anville (S. 83) sollen die 60 Stadien auch beim Diodor (I, 51) vorkommen. Er hatte aber bloß die lateinische Uebersetzung vor Augen, welche die im Original erwähnten 10 Schoinen nach Herodot's Weise auf 600 Stadien reducirt.

(8) II, 6.

plinthinetischen Meerbusen bis zum See Serbonis, an den der Berg Kasion stößt. Zwischen diesen Grenzen sind die 60 Schoinen gerechnet; denn die an Land armen Menschen haben ihr Eigenthum nach Klaftern, die minder armen nach Stadien, die mit vielem Boden versehenen nach Parasangen, und die besonders reichlich damit ausgestatteten nach Schoinen gemessen. Der Parasang hält aber dreißig Stadien, und der Schoinos, ein ägyptisches Maß, sechzig. So geht also auf die Ausdehnung Ägyptens längs dem Meer 3600 Stadien." Man hat aus diesen Worten schließen wollen, daß auch die Ägypter Maße von der Länge des Stadiums und des Parasangs gebraucht haben. Allein Herodot will bloß sagen, daß die Feldmaße der verschiedenen Völker nach der Größe der auszumessenden Grundstücke verschieden sind; daß die Griechen, deren Portionen nur klein ausfallen, nach Klaftern und Stadien, die Perser, welche mehr Ländereien besitzen, nach Parasangen, und die noch reicher damit versehenen Ägypter nach Schoinen rechnen. Nur den Schoinos erklärt er hier ausdrücklich für ein ägyptisches Maß.

Nach obiger Bestimmung des Schoinos zu vier römischen oder $\frac{4}{5}$ geographischen Meilen hält wirklich die Küste Ägyptens zwischen den angegebenen Grenzen 60 Schoinen oder 48 geographische Meilen. Auch anderweitige Angaben bei den Alten kommen hiermit nahe überein. Von Taposiris am plinthinetischen Meerbusen bis Alexandrien sind nach der peutingerschen Tafel 25 römische Meilen ⁽¹⁾; von der Insel Pharos bis zur kanopischen Nilmündung nach Strabo ⁽²⁾ 150 Stadien; von hier bis zur pelusischen Mündung (man nannte dies die Basis des Delta) nach eben demselben 1300 Stadien, und von Pelusium bis zum Tempel des Jupiter Casius nach Antonini *Itinerarium* ⁽³⁾ 40 römische Meilen. Meint hier Strabo, wie gewöhnlich, olympische Stadien, so erhalten wir 1970 Stadien oder 246 römische, oder 49 geographische Meilen. Diodor setzt dafür die runde Zahl von 2000 Stadien ⁽⁴⁾.

Nicht ganz so befriedigend sagt obiger Bestimmung des Schoinos der von Herodot angenommene Abstand Thebens vom Meere zu. Er berichtet

⁽¹⁾ In ihrem Tapostri ist das alte Taposiris nicht zu verkennen.

⁽²⁾ l. XVII, p. 791.

⁽³⁾ S. oben.

⁽⁴⁾ l. l. c. 31.

nämlich, Heliopolis sei vom Meer 1500 Stadien und von Theben 9 Tagefahrten, zusammen 81 Schoinen oder 4860 Stadien, mithin Theben vom Meer 6360 Stadien entfernt (¹). Da er überall 60 Stadien auf den Schoinos rechnet, so kommt der ganze Abstand auf 106 Schoinen zu stehen. Dieses Intervall beträgt aber nach d'Anville's und Rennell's Karten, den Krümmungen des Nils nachgemessen, wie es Herodot ohne Zweifel genommen wissen will, 120 Schoinen. Es ergibt sich also ein Unterschied von 14 Schoinen oder 11 Meilen, der jedoch, da er nur etwa $\frac{1}{9}$ des Ganzen beträgt, zu unbedeutend ist, als daß wir uns dadurch veranlaßt finden könnten, in die Richtigkeit obiger Bestimmung des Schoinos Mißtrauen zu setzen.

Wie hat man sich nun aber die sechzig Stadien zu erklären, die Herodot auf den Schoinos rechnet, der an olympischen Stadien nur zwei und dreißig hielt? Die deutschen Geographen, die keine Verschiedenheit des Stadiums gestatten, halten den Schoinos für kein bestimmtes, überall in Ägypten auf gleiche Weise gebrauchtes Wegemaß, und glauben, daß unser Geschichtschreiber, wenn er sechzig Stadien auf den so schwankenden Schoinos rechnet, gar wohl olympische gemeint haben könne. Dann hätte er aber die Hauptdimensionen Ägyptens um das Doppelte, und die Fläche des Landes um das Vierfache vergrößert, und der Vorwurf, den ihm schon Isaac Vossius defsfalls in seinen Noten zum Mela macht (²), trüfe ihn mit vollem Recht.

Die französischen Geographen dagegen nehmen keinen Anstand, das, was er Stadium nennt, als ein Maß anzusehen, welches wirklich $\frac{1}{60}$ des Schoinos nach obiger Bestimmung, also $\frac{1}{13}$ der römischen Meile, etwas über die Hälfte des olympischen Stadiums, hielt. Es findet sich nur nirgends bei ihm eine Andeutung, daß er das Wort Stadium, das er öfters entschieden von einem größern Maße gebraucht, in mehr als einem Sinn genommen wissen will. Vielmehr geht aus Allem hervor, daß ihm nur einerlei Stadium vorgeschwebt haben muß. Dies erhellet besonders aus einer Stelle, wo er, die ungeheuern Dimensionen des Sees Möris in Schoinen und Stadien, und zweier in demselben stehenden Pyramiden in Orgyien oder Klaftern ange-

(¹) I. II, c. 7 und 9. Der Text gibt als Summe beider Entfernungen nur 6120 Stadien. Vermuthlich ein Fehler der Abschreiber.

(²) Zu I, 9.

bend, die Bemerkung macht ⁽¹⁾: „Hundert Orgyien sind gerade ein Stadium von sechs Plethren, die Orgyie zu sechs Fufs oder vier Ellen, der Fufs zu vier und die Elle zu sechs Palästen oder Handbreiten gerechnet.“ So würde er sich nicht ausgedrückt haben, wenn er nicht hätte zu erkennen geben wollen, daß die 3600 Stadien, die er dem Umfange des Sees, so wie der Ausdehnung Ägyptens am Meer, und die hundert Orgyien, die er der Höhe der Pyramiden beilegt, gerade die seinen Landsleuten geläufigen Stadien und Orgyien sein sollen. Auch würde er der Basis der Pyramide des Cheops, die er selbst gemessen zu haben versichert ⁽²⁾, mehr als 8 Plethren oder $1\frac{4}{5}$ Stadien gegeben haben ⁽³⁾, wenn das Stadium, dessen er sich bei der Beschreibung Ägyptens bedient, nicht länger als 314 unserer Fufs gewesen wäre; denn so hätte sie nur 429 Fufs gehalten, da sie nach der zuverlässigsten, von Hrn. Nouet, dem Astronomen der französischen Expedition, angestellten Messung 227 Mètres oder 724 unserer Fufs lang ist ⁽⁴⁾.

Daß das angebliche Stadium zu $\frac{1}{15}$ der römischen oder $\frac{1}{5}$ der geographischen Meile den vom Herodot angegebenen Dimensionen Ägyptens, z. B. den 1500 Stadien, um die er Heliopolis vom Meer entfernt setzt, so gut zusagt, ist ganz natürlich, da er es zu einem anderweitigen ägyptischen Maß, dem Schoinos, das er im Ganzen richtig gebraucht, in ein constantes Verhältniß bringt, aus welchem eben seine Länge gefolgert ist. Wäre es als ein eigenthümliches Wegemaß zu betrachten, so müßten sich auch anderswo, als in seiner Beschreibung Ägyptens, Spuren davon finden. Dergleichen nimmt nun d'Anville wirklich mehrere wahr. So sollen die 400000 Stadien, die einige alte Mathematiker nach Aristoteles dem Umfange der Erde beigelegt haben ⁽⁵⁾, keine anderen sein, als eben die in Rede stehenden; denn wenn wir den neuesten Messungen zufolge auf den mittleren Erdgrad 57008 Toisen rechnen, so gehn auf jedes der $1111\frac{4}{5}$ Stadien, die wir hiernach für den Grad erhalten, nicht mehr als 51 Toisen oder 314

⁽¹⁾ II, 149.

⁽²⁾ II, 127.

⁽³⁾ II, 124.

⁽⁴⁾ Monatl. Corresp. des Herrn von Zach, B. IV, S. 79.

⁽⁵⁾ S. den ersten Abschnitt.

preussische Fufs. — So beweisend aber auch diese Übereinstimmung auf den ersten Blick erscheinen mag, so ist doch die Angabe des Aristoteles zu schwankend, als dafs sich ein sicheres Moment zur Begründung des kurzen Stadiums davon hernehmen ließe.

Herodot sagt ⁽¹⁾, der Pontus sei 11100 Stadien lang und 3300 breit, wo er am breitesten sei; der Bosphorus habe 4 Stadien Breite auf 120 Stadien Länge; die Propontis 500 Stadien Breite auf 1400 Stadien Länge; der Hellespont, wo er am schmalsten sei, 7 Stadien Breite auf 400 Stadien Länge. Den Dimensionen des Bosphorus und Hellesponts thut das olympische Stadium Genüge; für den Pontus und die Propontis ist es zu groß. Hier nimmt nun d'Anville wieder sein kurzes Stadium zu Hülfe. Man erwäge aber nur, auf welchem unsichern Grunde diese Angaben beruhen. Herodot drückt sich hierüber also aus: „In einem langen Tage legt ein Schiff sieben, und in der Nacht sechs Myriaden Klafter zurück. Man fährt aber von der Mündung des Bosphorus bis zum Phasis in neun Tagen und acht Nächten. Dies macht 111 Myriaden Klafter oder 11100 Stadien. Von Sindike bis Themiskyra am Thermodon, wo der Pontus am breitesten ist, schiffet man in drei Tagen und zwei Nächten. Dies gibt 33 Myriaden Klafter oder 3300 Stadien. So verhält es sich mit den Mafsen des Pontus, Bosphorus und Hellesponts, wie ich sie selbst genommen. Der Palus Mäotis, der sich in den Pontus ergießt, steht diesem an Größe nicht nach.“ Wenn er sich in Ansehung des asowschen Meers so sehr irren konnte; wenn man erst in der neuesten Zeit durch astronomische Beobachtungen die wahre Größe des schwarzen Meers, das man sonst für weit umfassender hielt, kennen gelernt hat ⁽²⁾, und wenn man die Bestimmung der Tagfahrt in einem so stürmischen Meer als höchst unsicher betrachten muß, so wird man es gar nicht befremdend finden, dafs er die Dimensionen desselben zu groß angegeben hat, und kein kleineres Mafs suchen wollen, um seine Zahlen mit den heutigen Karten in Übereinstimmung zu bringen. Ein Stadium zu 314 unserer Fufs ist hier um so unstatthafter, da er es zu 100 Klaftern

⁽¹⁾ I. IV, c. 85, 86.

⁽²⁾ Man sehe die kritische Karte desselben im zweiten Bande von Hrn. v. Zach's Allg. geogr. Ephemeriden.

rechnet, die Klafter also nur 3 Fufs gehalten haben müfste. Unmöglich kann er, wie Larcher wähnt ⁽¹⁾, ein Stadium gemeint haben, das durch die Klafter eines Kindes bedingt war.

Dafs er, wenn sein Stadium ein gröfseres gewesen wäre, die 24stündige Fahrt eines Schiffs, die er auf 1300 Stadien setzt, zu hoch angeschlagen haben würde, darf uns gerade nicht irre machen. Die Angaben der Alten fallen in dieser Beziehung sehr verschieden aus. Marcianus von Heraclea sagt ⁽²⁾: „In einem Tage kann ein mit günstigem Winde segelndes Schiff 700, bei besonders guter Bauart und Führung wol 900, in entgegengesetztem Fall aber kaum 500 Stadien zurücklegen.“ Skylax ⁽³⁾ bestimmt eine Tagereise zu Wasser, der man eine Nachtreise gleich schätzen könne, zu 500 Stadien. Übereinstimmig hiermit nimmt Theophilus beim Ptolemäus ⁽⁴⁾ die 24stündige Fahrt — *νοχθημέρου πλοῦν* — zu 1000 Stadien an. Aristides versichert ⁽⁵⁾, unter sehr günstigen Umständen öfters 1200 Stadien in einem Tage zur See gemacht zu haben. Wenn man bedenkt, wie sehr es hiebei auf Wind und Wetter, auf Meeresströmungen, auf den Bau des Schiffes und auf die Geschicklichkeit des Steuermanns ankommt, und wie es den alten Seefahrern an allen den Hilfsmitteln zur Bestimmung des zurückgelegten Weges, welche die neuere Schifffahrt darbietet, so gänzlich gebrach, so wird man auf die aus den Tagfahrten gefolgerten Stadienangaben der Alten wenig Gewicht legen ⁽⁶⁾.

Auch dem Periplus des Nearch soll nach d'Anville und Gossellin das kurze Stadium zum Grunde liegen. In dem Auszuge, den uns

⁽¹⁾ S. seine Anmerkung zu dieser Stelle, B. III, S. 503.

⁽²⁾ *Geogr. Min.* Tom. I. p. 67.

⁽³⁾ *Ebend.* p. 30.

⁽⁴⁾ *Geogr.* I, 9.

⁽⁵⁾ *In Aegypt.* Tom. II, p. 360 ed. Jebb.

⁽⁶⁾ Hr. Rennell ist der Meinung (S. 20), dafs Herodot den Pontus in einem ägyptischen Schiffe befahren habe, wo die Rechnung nach Schoinen geführt wurde, die er nach seiner Weise auf Stadien reducirte. Dies läfst sich in der That hören. Man bringt dann seine übertriebene Angabe der Fahrt eines Schiffs auf ihr bei den Alten gewöhnliches Maß zurück. Er rechnet nämlich 700 Stadien auf eine Fahrt am Tage. Diese würden etwa 12 Schoinen, noch nicht ganz 10 geographische Meilen geben, und dies ist wirklich anderweitigen Angaben bei den Alten, ja bei ihm selbst, ganz angemessen. Man sehe, was Hr. Rennell hierüber S. 678 seines Werks gesammelt hat.

Arrian daraus mittheilt ⁽¹⁾, sind zwischen den Mündungen des Indus und Pasitigris 22700 Stadien gerechnet ⁽²⁾, die, für olympische genommen, 567 geographische Meilen geben, da doch die Entfernung, längs der Küste gemessen, nur 330 solcher Meilen beträgt. Es ist aber zu erwägen, daß Nearch die Distanzen in seinem Tagebuch wahrscheinlich nur in Tagfahrten angegeben hat, die späterhin nach einem zu großen Maßstabe auf Stadien reducirt wurden. Eine Tagfahrt an einer unbekanntenen Küste, wo der Anlässe zum Aufenthalt so viele waren, kann, zumal bei der Unvollkommenheit der Schifffahrt der Alten, nicht hoch angeschlagen werden. Dasselbe gilt von Hanno's Tagfahrten an der Westküste Afrikas, die einige Neuere ungebührlich ausgedehnt haben. Man vergleiche die treffenden Bemerkungen, die Hr. Gosselin in seinen *Recherches sur la géographie des Anciens* hierüber anstellt ⁽³⁾, und die er nachmals selbst zu berücksichtigen vergaß, als er das kurze Stadium so zuversichtlich in Nearch's Periplus übertrug.

Dies sind die Hauptbeweise, die d'Anville und andere Vertheidiger des kurzen Stadiums für dasselbe beibringen. Außerdem finden sie es noch in manchen zerstreuten Angaben der alten Geographen. Wenn z. B. Strabo ⁽⁴⁾ den Umfang von Susa auf zweierlei Art angibt, zu 120 und 200 Stadien, so glaubt d'Anville, daß die 120 Stadien olympische, die 200 aber kürzere sein sollen, die in diesem Fall 57 Toisen gehalten haben müßten. Ist irgend eine Zahl von Stadien zu groß, als daß sie sich bequem durch das olympische Maß rechtfertigen ließe, so nimmt man ohne Umstände das kurze Stadium zu Hülfe. Nicht selten führt man es selbst ohne alle Noth ein. Wenn z. B. Herodot erzählt ⁽⁵⁾, daß in der Schlacht bei Marathon ein Zwischenraum von acht Stadien das griechische Heer vom persischen trennte und die Athener beim ersten Zeichen zum Angriff laufend auf den Feind stürzten, so sagt Larcher, es sei hier höchst wahrscheinlich

⁽¹⁾ *In Indicis* S. 334 ff. ed. Gron. Auch *Geogr. Min.* Vol. I.

⁽²⁾ Die einzelnen Angaben, deren Summe die 22700 Stadien sind, finden sich c. 25, 29, 38, 40, 41.

⁽³⁾ Tom. I. p. 63 ff.

⁽⁴⁾ I. XV, p. 728.

⁽⁵⁾ I. VI, c. 112.

vom kleinsten Stadium die Rede, das ungefähr 50 Toisen halte. Aber acht olympische Stadien sind noch keine Viertelmeile, und daß die Athener diese im Geschwindschritt zurücklegten, ist ja so unglaublich gar nicht.

Ich gestehe, daß ich die Gründe, die man für die Existenz des kurzen Stadiums zu 1111 auf den Erdgrad beibringt, nicht für so triftig halten kann, um gegen alle Wahrscheinlichkeit annehmen zu müssen, daß die Griechen ein solches Wegemaß aus einem Kinderfusse gebildet, oder, wenn sie es etwa aus dem Auslande entlehnt hätten, mit einem Namen belegt haben sollten, der ihnen so viel als 600 Fufs galt. Aber eben so verwerflich scheint mir die Voraussetzung, daß das vom Herodot bei der Beschreibung Ägyptens gebrauchte Stadium das gewöhnliche olympische gewesen sei, weil dann der Schoinos und alle von ihm angegebene Dimensionen des Landes viel zu groß ausfallen würden. Daß er sich hiebei in irgend einem Punkte geirrt haben müsse, ist klar; selbst wenn wir ihm d'Anville's kurzes Stadium beilegen wollten, hat er doch darin gefehlt, daß er ein ägyptisches Wegemaß ohne alle Erinnerung mit einem Worte stempelte, das seinen Landesleuten etwas ganz anderes bezeichnete. Ungemein natürlich erscheint mir daher Hrn. Rennell's Hypothese ⁽¹⁾, daß er die Dimensionen Ägyptens in Schoinen zu vier römischen Meilen zwar meistens richtig angegeben, aber sich in der Reduction der Schoinen auf Stadien versehen hat, indem er sie zu 60 Stadien rechnete, statt ihnen, wie Eratosthenes, nur 40 beizulegen. Wenn er demnach bei seiner Beschreibung Ägyptens irgend eine Distanz in bloßen Stadien ausdrückt, so müssen wir dieselben entweder durch 60, oder nach Verkürzung um ein Drittel durch 40 dividiren, um sie auf sein Grundmaß, den Schoinos, zu bringen, wo sich dann in der Regel richtige und mit anderweitigen Angaben übereinstimmige Resultate ergeben werden. So betragen die 1500 Stadien, die er von Heliopolis bis zum Meer rechnet, gerade die 25 Schoinen, um die Artemidor beim Strabo ⁽²⁾, übereinstimmig mit unsern Karten, Pelusium von der Spitze des Delta entfernt setzt. Die 1800 Stadien, die er zwischen Theben und Elephantine zählt ⁽³⁾, geben 30 Schoinen oder 24 geographische Meilen; nach

⁽¹⁾ S. *The geographical system of Herodotus*. Sect. II, p. 18.

⁽²⁾ I. XVII, p. 804.

⁽³⁾ II, 9.

d'Anville's Karte beträgt der Abstand beider Örter in gerader Richtung 25, längs dem Nil höchstens 28 Meilen. Die Breite der Landenge Suez, vom Berge Casium bis zum nächsten Punkt des rothen Meers, setzt er auf 1000 Stadien ⁽¹⁾, und diese, auf gleiche Weise reducirt, geben $16\frac{2}{3}$ Schoinen oder 13 geographische Meilen. Hr. Rennell bestimmt sie zwischen Suez und Farama, in einer etwas kürzern Richtung, zu 12 Meilen ⁽²⁾.

Wir wollen nun zur Prüfung des zweiten von d'Anville aufgestellten Stadiums zu 50 auf die geographische Meile fortgehen. Man sieht, dafs dies eben das Stadium ist, dessen sich Eratosthenes bedient haben mufs, wenn er wirklich, wie Plinius versichert, den Schoinos zu 40 Stadien gerechnet hat. Die römische Meile hielte hiernach zehn solcher Stadien, die in dem Verhältnifs von 4 : 5 kürzer als die olympischen sein würden. Barbié du Boecage nennt dieses Stadium das pythische, weil es seiner Meinung nach von der Rennbahn zu Delphi entlehnt war. Wir wollen zuvörderst sehen, was sich zur Rechtfertigung dieser Ansicht sagen läfst.

Nach Gellius ⁽³⁾ hatte Plutarch in einer Schrift des Titels: *De Herculis quali inter homines fuit animi corporisque ingenio et virtutibus*, gezeigt, durch welche sinnreiche Combination Pythagoras die Statur des Hercules ermittelt habe. *Nam quum fere constaret, curriculum stadii, quod est Pisae ad Iovis Olympii, Herculem pedibus suis metatum, idque fecisse longum pedes sexcentos, cetera quoque stadia in terra Graecia, ab aliis postea instituta, pedum quidem esse numero sexcentum, sed tamen aliquantulum breviora, facile intellexit, modum spatiumque plantae Herculis ratione proportionis habita, tanto fuisse quam aliorum procerius, quanto Olympicum stadium longius esset quam cetera.* Aus diesen Worten erhellet, dafs die py-

⁽¹⁾ II, 158. IV, 41.

⁽²⁾ S. 451. Wollten wir Hrn. Rennell's Hypothese auch auf die oft besprochenen 400000 Stadien des Erdumfangs anwenden, so erhielten wir für denselben 6666 Schoinen oder 26664 röm. Meilen, welche bis auf eine Kleinigkeit den Umfang der Erde so darstellen würden, wie er sich aus den Messungen der Neuern ergibt. Wir müßten hierbei annehmen, dafs der aristotelischen Zahl eine ägyptische Bestimmung zum Grunde läge, und dafs bei der Reduction derselben auf das griechische Mafs derselbe Fehler begangen wäre, den Herodot bei der Reduction der Schoinen gemacht hat. Aber ich wiederholte es, dafs die Angabe des Aristoteles sehr vag ist, und wenig Berücksichtigung zu verdienen scheint.

⁽³⁾ N. A. I, 1.

thische Rennbahn zwar eben so, wie alle übrigen, 600 Fufs hielt, dafs aber der ihr zum Grunde liegende Fufs etwas kürzer als der olympische war.

In welchem Verhältnifs beide Rennbahnen zu einander standen, lehrt uns keine unmittelbare Messung. Von der olympischen, welche fast gänzlich zerstört ist, können wir die Länge nur aus dem uns anderweitig bekannten griechischen Fufs berechnen. Sie mufs 569 französische Fufs gehalten haben. Auch das Stadium zu Delphi ist sehr im Verfall; doch konnte Hr. Gell noch die eine Seite desselben messen, die nach seiner Versicherung ⁽¹⁾ 615 englische oder 577 französische Fufs hält. Hiernach schiene es länger als das olympische gewesen zu sein. Es ist aber gewifs ein Bedeutendes von dieser Länge abzuziehen, weil bei den Rennbahnen das Ziel um mehrere Fufs von dem durch einen Halbzirkel geschlossenen Fond entfernt, und die Schranken nicht unmittelbar am Eingange befindlich zu sein pflegten. Dies gilt bestimmt von dem zu Athen durch Herodes Atticus erbauten Stadium, das nach Le Roy ⁽²⁾ und Chandler ⁽³⁾ vom Eingange bis zur untersten Stufe im Fond 591 französische oder 630 englische Fufs hält ⁽⁴⁾. Genug Gellius oder vielmehr Plutarch versichert, dafs das olympische Stadium von allen griechischen das längste war. Wenn man übrigens das pythische, dessen Länge vermuthlich durch die Lokalität auf der Höhe des Parnassus, wo es wenig ebenes Terrain gab, bedingt war ⁽⁵⁾, auch deshalb für kürzer als das olympische ansehen will, weil blofs Unerwachsene — *παῖδες* — den Wettlauf auf demselben angestellt hätten ⁽⁶⁾, so ist das ein Irrthum, der auf einer misverstandenen Stelle des Pausanias beruht ⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ *Itinerary of Greece* p. 188.

⁽²⁾ *Ruines des plus beaux monumens de la Grèce* p. 37.

⁽³⁾ *Travels in Greece* ch. 16, p. 81.

⁽⁴⁾ Spon (*Voyage* Tom. II, p. 66 ed. Lyon 1678) und Wheeler (*Voyage* S. 315 ed. London 1682), die noch bedeutende Ueberreste des Stadiums zu Delphi sahen, versichern, dafs es kleiner als das zu Athen gewesen. Herodes Atticus, der es mit pentelischem Marmor zierte (Pausanias X, 32), änderte vermuthlich an den Dimensionen nichts.

⁽⁵⁾ Pausanias bezeichnet seine Lage also: *Στάδιον δὲ σφισιν ἀνωτάτω τῆς πόλεως τοῦτο ἔστιν.* X, 32.

⁽⁶⁾ S. Hrn. Ukert's Versuch über das Stadium S. 40.

⁽⁷⁾ X, 7. Ueber diese Stelle verdanke ich Hrn. Böckh folgende Erläuterung. Bei der Erneuerung der pythischen Spiele, Olymp. 48, 3, Pythias 1, bestimmten die Amphiktyonen, dafs folgende Kämpfe Statt finden sollten:

Bei den Alten findet sich über das Verhältniß beider Rennbahnen nichts weiter, als folgende etwas problematische Stelle des Censorinus⁽¹⁾: *Stadium in hac mundi mensura id potissimum intelligendum est, quod Italicum vocant, pedum DCXXXV: nam sunt praeterea et alia longitudine discrepantia, ut Olympicum, quod est pedum DC, item Pythicum, pedum CIO.* Von den drei Stadien, die hier unter den Benennungen des italischen, olympischen und pythischen unterschieden werden, sind die beiden ersten offenbar identisch; es ist das olympische gemeint, das 600 der ihm eigenthümlichen griechischen Fufs, und, wie wir auch anderweitig wissen, 625 der etwas kürzern römischen hielt, und wegen seines Ursprungs olympicum, wegen seines Gebrauchs in Italien italicum genannt wird. Die Römer bedienten sich nämlich als gewöhnlichen Wegemaßes ihres mille passus, jedoch nur zu Lande; Entfernungen zur See pflegten sie nach Stadien zu bestimmen, weil es ihnen in diesem Falle unschicklich scheinen mochte, von Passus zu reden. Was das pythische Stadium in der angezogenen Stelle betrifft, so ist klar, daß die tausend Fufs nicht die ihm eigenthümlichen waren, weil, wie obige Worte des Gellius und der Gebrauch des Stadiums als Längenmaß lehren, keine Rennbahn mehr als ihre 600 Fufs hielt. Die tausend Fufs können aber eben so wenig olympische oder römische sein, weil die pythische Rennbahn sonst länger als die olympische gewesen wäre. Es bleibt also nichts weiter übrig, als, entweder daß Censorinus den pythischen Diaulos für die einfache Rennbahn, oder IO für CIO geschrie-

1) die dort genannten musischen;

2) von gymnischen erstlich die, welche man damals in Olympia feierte, mit Ausschluss des *τεσσερίππου*. Hierunter sind begriffen (Pausan. V, 8): a) *στάδιον ἀνδράσι*, von Anfang an zu Olympia gebräuchlich; b) *διαυλος ἀνδράσι*, seit Ol. 14; c) *πέντασλον* und *πάλη ἀνδράσι*, seit Ol. 18; d) *πυρμὴ ἀνδράσι*, seit Ol. 23; e) *ἵππων τελέων δρόμος*, seit Ol. 25. Dies ist das obgedachte *τεσσερίππου*, das bei der Institution der Pythiaden ausgeschlossen, aber in der zweiten Pythiade, Ol. 49, zugesetzt wurde, wie Pausan. X, 7 gleich hernach sagt. f) *παγκράτιον ἀνδράσι* und *ἵππων κέλησι*, seit Ol. 28; g) *στάδιον* und *πάλη παισίν*, seit Ol. 37; h) *πυρμὴ παισίν*, seit Ol. 41. Dies sind alle Spiele, welche unter No. 2. enthalten sind und welche mit Ausschluss des *τεσσερίππου* die Amphiktyonen Pyth. 1 von Olympia entlehnten.

3) setzten sie Pyth. 1 noch aus eigenem Einfall *διαυλον* und *δόλιχρον παισίν* hinzu, welche zu Olympia nie gebräuchlich waren. — Man sieht hieraus, daß *στάδιον* und *διαυλος* so gut für Männer als Knaben gleich vom Anfange an bei den pythischen Spielen vorkamen.

(¹) c. 13.

ben hat ⁽¹⁾. In beiden Fällen erhält man für das pythische Stadium fünfhundert Fufs, und da dies nicht die ihm eigenthümlichen sein können, so sind es entweder olympische oder römische. Im ersten Fall verhält sich das pythische Stadium zum olympischen wie 5 : 6, im letztern wie 4 : 5, so dafs entweder $9\frac{3}{5}$ oder 10 pythische Stadien auf die römische Meile gegangen sein müßten. In Censorin's Worten liegt nichts, was zwischen beiden Verhältnissen den Ausschlag gäbe. Um nun doch ein Moment zu haben, das die Wahl bestimmen möge, so unbedeutend es auch an sich ist, bemerke ich, dafs in dem *Iter Hierosolymitanum*, der Reiseroute eines gallischen Pilgers des vierten Jahrhunderts, ein Intervall auf folgende Weise angegeben wird: *trans mare stadia mille, quod facit millia centum* ⁽²⁾, und hiermit haben wir zugleich die einzige Stelle, die ausdrücklich eines Stadiums zu einem Zehntel der römischen Meile gedenkt.

Die Möglichkeit, dafs die Griechen ein solches Wegemaß als eine Länge von 600 Fufs wirklich gebraucht haben, liegt zu Tage, und es verhält sich damit ganz anders, wie mit d'Anville's kurzem Stadium. Der olympische Fufs hält 14 Zoll 9 Linien preufsisch. Ein Fünftel davon abgezogen gibt für den Fufs des pythischen Stadiums 9 Zoll 5 Linien. D'Anville behauptet in seinem *Traité des mesures itinéraires* ⁽³⁾, dafs bei einem völlig proportionirt gewachsenen Körper die Länge des Fufses nicht über $\frac{1}{7}$ der Statur betrage, und dafs dies das Verhältniß sei, nach welchem die griechischen Künstler gearbeitet haben ⁽⁴⁾. Nehmen wir demnach obige Länge des pythischen Fufses 7mahl, so erhalten wir 5 Fufs 6 Zoll, und wir dürfen eben nicht glauben, dafs derselbe von einem Knaben entlehnt war.

Auch ist es sehr wohl denkbar, dafs man selbst an Orten, wo das olympische Stadium die architektonischen und geodätischen Maße vom

⁽¹⁾ Noch eine Voraussetzung wäre die, dafs er den pythischen Hippodromos, der nach Pausanias X, 37 unten am Paruaß in der Ebene lag, mit dem auf dem Berge befindlichen Stadium verwechselt hätte. Allein seine Zusammenstellung des pythischen Stadiums mit dem olympischen scheint diese Hypothese zu beseitigen, es sei denn, dafs er etwa die Länge des Hippodromos, die wir übrigens nicht kennen, irrigerweise auf das Stadium übertragen hätte.

⁽²⁾ *Itineraria* ed. Wess. p. 609.

⁽³⁾ S. 5.

⁽⁴⁾ Vitruvius stimmt hiermit nicht überein, indem er die Länge des Fufses zum sechsten Theil der Höhe des menschlichen Körpers macht. *Archit.* IV, 1.

δάκτυλος bis zum πλέθρον regulirte (meiner bereits oben ausgesprochenen Überzeugung nach war dies in ganz Griechenland der Fall), ein etwas kürzeres Wegemaß gebrauchte, und zwar als ein Ganzes, das man nicht durch eine genaue Messung mit Stab oder Schnur, sondern durch Ausschreiten bestimmte. Nun rechneten die Römer auf den Passus, d. i. auf den doppelten Schritt (eigentlich die Weite, die man mit den gespreizten Füßen — *pedibus passis* — abreichen kann), fünf ihrer Pedes, und dieser Passus hundert oder der einfache Schritt zweihundertmahl genommen gibt genau das Stadium zu 10 auf die römische Meile. Nichts ist natürlicher, als daß ein Wegemaß von einer solchen runden Anzahl Schritt im Gebrauch war. Daß aber die Griechen Ortsentfernungen durch Ausschreiten — *βηματίζειν* — bestimmt haben, ist gewiß. Ich beziehe mich deßfalls auf den ersten Abschnitt dieser Vorlesung.

Die Benennung pythisches Stadium scheint demnach nicht ungeschicklich gewählt. Es entsteht nun die Frage, ob sich sichere Beweise für den Gebrauch dieses Stadiums beibringen lassen. Daß die deutschen Geographen die Existenz desselben läugnen, ist schon bemerkt worden. Die französischen dagegen, namentlich d'Anville, dem hiebei vorzüglich eine Stimme gebührt, nehmen es überall, besonders im nördlichen Griechenland, in Kleinasien und andern von Griechen bewohnten Ländern wahr ⁽¹⁾. Auch Hr. Rennell behauptet, daß man unter Voraussetzung des olympischen Stadiums in allen asiatischen Ländern, die Alexander durchzogen, bei den alten Geographen in Vergleichung mit den neuern Messungen zu große Zahlen finde. Er spricht zwar von keinem pythischen Stadium; aber das Wegemaß, welches er im zweiten Abschnitt seines geographischen Systems des Herodot aus einer großen Anzahl von ihm verglichener Ortsentfernungen bei den Alten und Neuern abstrahirt, kommt demselben sehr nahe. Es gehen nämlich 600 olympische und 750 pythische Stadien auf den Erdgrad. Nun berechnet er das mittlere Stadium des Herodot zu 732, das des Xenophon zu 750, das des Eratosthenes zu 700, das des Nearch zu 729 u. s. w., und bleibt zuletzt bei einem Durchschnitt von 718 stehen. Er will damit nicht behaupten, daß dies wirklich das von den griechischen

(¹) Er hat es zuerst 1741 in einem *Traité sur quelques mesures itinéraires* aufgestellt, welche Schrift seiner spätern über die geographischen Maße der Alten zum Grunde liegt.

Geographen gebrauchte Wegemaß sei, weist auch die Entstehung desselben aus einer Rennbahn oder einem Fußmaße nicht weiter nach, sondern legt es bei seinen geographischen Untersuchungen nur deshalb zum Grunde, weil es ihm die alte und neuere Erdkunde am sichersten zu vermitteln scheint.

Meiner Überzeugung nach haben d'Anville und Rennell im Ganzen genommen Recht; nur glaube ich ihre Ansicht folgendermaßen modificiren zu müssen: die ältern Griechen, namentlich Herodot, Xenophon und Eratosthenes, haben sich eines Stadiums bedient, das zum olympischen nahe in dem Verhältniß von 4 : 5 stand und das wir nicht ohne Grund das pythische nennen. Erst gegen die Zeit des August hin, als sich im römischen Reiche die Meilensteine vermehrten, die bekanntlich in Intervallen von 1000 Passus errichtet wurden, und sich nun durch Vergleichung des griechischen Fußes mit dem römischen der Satz feststellte, daß die römische Meile nahe acht olympische Stadien halte, verdrängte letzteres das schwankende, durch bloßes Ausschreiten bestimmte, ältere völlig, und es kann daher beim Strabo, Diodor, Plinius, Pausanias und Ptolemäus von keinem Stadium weiter die Rede sein, als von dem olympischen, den Fall ausgenommen, wo sie Ortsentfernungen, die nicht neuerdings gemessen waren, auf die Autorität älterer Schriftsteller in Stadien angeben. Daß ein Theil der Widersprüche, die sich in den Stadienzahlen der Alten finden, allein hierin ihren Grund habe, und daß diese Widersprüche sich nicht durchgängig aus unsichern Messungen oder aus einer Corruption der Zahlen erklären lassen, wie die Herren Mannert, Bredow, Ukert und andere anzunehmen geneigt sind, halte ich für entschieden.

Es ist jedoch hierbei nur von Weiten die Rede, von denen sich voraussetzen läßt, daß sie durch bloßes Ausschreiten bestimmt waren. Ist dagegen an eine wirkliche Messung mit Stab oder Schnur zu denken, so gestaltet sich die Sache anders. So ist wol nicht zu zweifeln, daß Thucydides olympische Stadien meint, wenn er von den langen Mauern, die einst Athen mit seinen Häfen verbanden, der zum Phaleron führenden 35, und der zum Piräeus gehenden 40 Stadien gibt (¹). Sie hatten am Meer den *Δῆμος* Piraeus zwischen sich, und convergirten ein wenig gegen die Stadt

(¹) I. II, c. 13.

hin, am piräischen Thor sich mit der Ringmauer vereinigend. Die Ruinen eines in gerader Linie zwischen der Akropolis und dem Piräeus befindlichen Thors hält Stuart für die *πύλαι πειραιϊκῆ* (1). Der Abstand desselben von der Akropolis beträgt nach seinem Plan der Alterthümer Athens drei Stadien, und zwar olympische, wie die auf seiner Karte von Attika beigesetzte Scala in englischen Meilen zeigt. Nach dieser Karte ist das Innere des Hafens Piräeus 47, und der Hafen Phaleron 42 Stadien von der Akropolis entfernt. Rechnen wir von diesen 47 und 42 Stadien jene drei ab, und nehmen an, daß die Mauern vom piräischen Thor in gerader Richtung zu den beiden Häfen fortliefen, so haben wir für ihre Längen 44 und 39 Stadien. Die Übereinstimmung mit der Angabe des Thucydides kann bei einiger Unsicherheit des Terminus a quo und ad quem nicht füglich größer sein. Strabo, zu dessen Zeit die Mauern schon lange nicht mehr existirten, legt beiden 40 Stadien bei (2), und Plinius 5000 passus (3), was dasselbe ist.

(1) *Antiquities of Athens* Vol. III, p. iv.

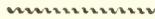
(2) I. IX, p. 395.

(3) H. N. I. IV, 11. Man vergleiche über diesen Gegenstand Hrn. Böckh's *Corpus Inscriptionum* Vol. I. No. 525.



Über
die Entstehung der Sternbilder auf der
griechischen Sphäre.

Von
H^{rn}. BUTTMANN.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 8. Junius 1826.]

Über die Art wie die Sternbilder und Namen entstanden sind ist noch keinesweges eine so entschiedene oder doch vorherrschende Ansicht vorhanden, daß durch historische Untersuchung in einem gewissen Umfang sie festzusetzen, ein überflüssiges Unternehmen wäre: was es auch von Seiten der Frage, wichtig oder unwichtig, nicht ist. Denn da diese Benennungen allerlei Beziehungen in die Mythologie, Ethnologie und Chronologie haben, so möchte man gern, eben wegen der geringeren Wichtigkeit des Gegenstands an sich, hier wo möglich aufgeräumt sehn: wäre es auch nur um zu verhindern, daß nicht falsche Wichtigkeiten hineingelegt werden. Neue Arten der Entstehung aufzustellen kann mir nicht beifallen. Meine Absicht ist nur die angenommenen Wege wenigstens für den größern Theil der hervorstechenden einzelnen Fälle zu befestigen, und dabei besonders dem zu wehren, daß nicht, mit einer sehr gewöhnlichen Seichtigkeit, Ein Grundsatz durchgeführt werde: indem manche hier lauter Willkür bloß zum Vortheile des Gedächtnisses erblicken; andere lauter religiöse Verehrung irdischer Gegenstände, oder Versetzungen unter die Gestirne annehmen möchten; andere durch ursprünglichen Aberglauben die Sterne beleben und aus deren Symbolen die ganze Mythologie und älteste Sagengeschichte entstehn lassen; wieder andere, die von Seiten der Poesie am meisten verwahrlost sind, den Himmel in einen bloßen Kalender umschaffen, indem sie jeden Sternhaufen vom Land- oder Seemann absichtlich zu einem sinnlichen Symbol dessen gemodelt glauben, was die Jahreszeiten auf Erden mit sich bringen; solche endlich, die, da eine wirkliche Analogie mancher Gestaltungen am Himmel

mit dem wonach sie benamt sind, in die Augen fällt, mit angestrebter Fantasie nun auch jede Sterngruppe in ein Bild ihres Namens zwingen möchten. Einleuchtend ist indessen das das Verfahren dieser letzten dem des besonnenen und unbefangenen Forschers am nächsten kommt; ich werde daher von der Ansicht dieser sogleich ausgehn und, wie gesagt, nur durch Abwehr der Einseitigkeit und des Zwanges, das hinzustellen suchen, was dem Verständigen genügen und den Denkenden zu weiterer Verfolgung, wo uns noch Lücken bleiben werden, auffodern kann.

Ein *a priori* bietet sich hier dar, das gewifs nicht zurückzuweisen ist; dies nemlich, das der beobachtende einfache Mensch bei der Unendlichkeit von Sterngruppen, die sich seinen Augen darboten, und bei dem Bemühen die daraus entstehende Verwirrung zu mindern, nothwendig gleich aufmerksam ward auf gewisse darunter, die sich durch besondere, wenn auch nicht gerade ein bestimmtes Bild darbietende, Gestaltung mehrerer an Gröfse wenig verschiedner Sterne dem sinnlichen Gedächtnifs von selbst einprägten; wie die Septentrionen, die Kassiopea, die Leier, die Hyaden. Dies zeigen denn auch solche Namen welche blofs die Gestaltung einer durch solche Sterne gelegten Linie andeuten, wie ich dies gezeigt zu haben glaube ⁽¹⁾ von dem Namen Ἐλίση für die Septentrionen, der nichts besagt als die Windung, und auf die Form \mathcal{Z} geht, welche durch diese sieben Sterne gelegt werden kann. So wie wir ferner jetzt die Kassiopea der Gestalt eines W vergleichen, und gewifs auch, wenn jener altüberlieferte Name nicht wäre, das Sternbild danach benennen würden; so zweifle ich jetzt nicht mehr das die Grammatiker ⁽²⁾, welche den Namen der Hyaden, ῥάδες, von der vollständigen Gestalt eines alten Y, die mit dem lateinischen V ganz übereinkam, ableiteten, allein Recht hatten, und das die beiden anderen Ableitungen nur aus dem schon vorhandnen Namen gedeutet sind; so schwer es auch halten wird einer so alten und so sprechenden Deutung, wie die vom Regen, ihre Autorität zu nehmen. Aber die von $\tilde{\zeta}$ ist, wie das lateinische *Suculae* bezeugt, auch alt, und doch gewifs ein alter Misverständnis. Das aber dies Gestirn wirklich Regen bringe, das lasse man sich nicht irren; denn welches Gestirn wird nicht in einer seiner vier Erschei-

⁽¹⁾ Ideler Astronom. Beob. der Alten S. 376.

⁽²⁾ Schol. Arat. 173.

nungen dazu brauchbar sein? Aber gerade der wichtigste Aufgang, der in der Frühe, fällt in die schönste Sommerzeit, Ende Mai und Anfang Junius. Um also zur Rechtfertigung des so verstandenen Namens doch etwas zu sagen, muß man etwas zurück zu seinem Spät-Untergang gehn, da man denn nur eben die Mitte Aprils erreicht ⁽¹⁾, wo es freilich auch in jenen südlichen Gegenden oft regnen wird; aber noch früher ebenfalls; so daß man nicht sieht was das Zeichen nützen soll. Doch man müßte die Wetterprophezeiungen wenig kennen um hierbei sich aufzuhalten. Es wäre ein Wunder, wenn eine Erscheinung den Regen zufällig im Namen hätte und ihn nicht sofort auch verkündete.

In den allermeisten Fällen erinnert nun aber eine solche Gestaltung von Linien und Punkten den lebendigen Sinn des Beobachters sogleich an etwas wirkliches in der Natur oder dem Alltagsleben. So hat Ideler (Sternnamen S. 8.) deutlich dargelegt, daß unser Polarstern den Namen *Kynosura* d. i. Hundeschwanz nicht führt weil er der Schwanz — eines Bären ist; sondern daß das ganze Sternbild so hieß, weil dessen Hauptlinie an jenen trivialen Gegenstand recht sprechend erinnert. Man muß sich nemlich unsern Polarstern als die Spitze solches Schwanzes denken, und die zwei hellen im Viereck als den Anfang des fehlenden Körpers, den kleinsten im Viereck aber, η , überschn, so ist die Vergleichung einleuchtend.



(1) S. Ideler über Ovids Fasti. Abhandl. d. Akad. 1822. S. 153.

Der Weltpol lag in jener Zeit gerade in der Mitte der Chorde dieses Bogens; so dafs also das ganze Sternbild Kynosura damals so genau als möglich den Nordpunkt bezeichnete; und daher kam derselbe Name jetzt auch auf den einzeln Stern, der den Pol für unsere Zeit noch genauer bezeichnet. Ganz artig stimmt auch mit dieser Benennung, in Absicht der Kurve, eine andere Trivialbenennung überein, die aus dem Donquixote bekannte spanische *la Bocina*. Dies ist nemlich das Hifthorn (genauer Hiefhorn) der Jäger, in seiner eigentlichen, nicht gewundenen, sondern mäfsig gekrümmten Form, wovon denn der Polarstern das Mundstück, die vier im Viereck das Ende, und die zwei äufsersten das Schalloch bilden.

Zu eben dieser Klasse gehört die jedem in die Augen fallende Krone: ein fast vollständiger Zirkel dessen hellester Stern also ein ganz natürlicher Edelstein ist; ferner der Krater oder Becher, ein Halbkreis von sechs nicht sehr hellen Sternen, auf zwei anderen gleich als auf einem Fusse ruhend; dann der Delfin, ein ziemlich regelmäfsiger kleiner Rhombus, der zu ein paar nah dabei stehenden gedacht recht füglich als ein zusammengekrümmter Delfin erscheint, dessen Kopf, eben jener Rhombus, fast die Hälfte des Körpers ist; und eben so verhält es sich unfehlbar mit der Leier, die eine nicht blofs durch ihren hellsten Stern, sondern durch eine charakteristische Gestaltung ausgezeichnete kleine Gruppe ist, woran aber die bestimmte Gestalt einer antiken Leier zu demonstrieren unsern Archäologen obliegt.

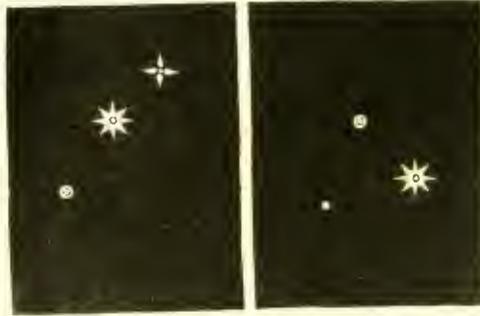
Eine andre Sterngruppe aus dieser Klasse, die Schlange, wird uns das erste einleuchtende Beispiel geben, wie man bei Beurtheilung der Stern-



bilder sich durch die methodische Verzeichnung auf der Sphäre nicht muß irre machen lassen. Beim Äquator drängt sich jedem Beschauer eine glänzende Sterngruppe von hieneben stehender Gestalt auf. Wer zuerst hört, daß die alte Welt hier eine Schlange sah, erhält zugleich durch seine Sinne die gewisse Überzeugung, daß diese ganze hier von mir verzeichnete Figur zu solcher Schlange gehörte: und obgleich eine so geringe Windung das vollständige Bild einer Schlange noch nicht nothwendig hervorbringt; so waren doch zwei so ausgezeichnete Reihen in so nahem Zusammenhang hinreichend um den Anfang einer Schlange der Fantasie darzubieten, und so die sich weiter ausbildende, schon absichtliche, Astrothesie ohne Zwang zu veranlassen, daß sie diese Schlange nach unten fortsetzte, und einen Mann beifügte, der sie um den eignen Leib geschlungen trägt. Alles dies fand schon im Alterthum statt; und ganz passend ward nun jene Sterngruppe das Kopf-Ende der nach ihrem Träger zurück sich schwingenden Schlange. Mit Verwunderung aber lernen wir, daß die Schlange erst mit dem vierten Stern von oben beginne, indem die drei ersten zum benachbarten Herkules gehören. Nämlich daß diese zwei Sternreihen zusammen betrachtet als eine Schlange sich darstellen, konnte nicht verhindern, daß wenn der Beschauer anders stand, und den benachbarten Herkules vor Augen hatte die in denselben hinein ragende Reihe auch mit den dortigen Sternen in einem Verhältniß stand, das die dortige Figur bilden half. Natürlich waren also diese Sterne hier ein Theil der Schlange, dort ein Theil eines Mannes: was auch für die einfachen Zwecke der ältesten Himmelsbeobachtung ohne Störung war; und mit einigen einzelnen Sternen anderer Bilder noch jetzt der Fall auf unserer Sphäre ist, namentlich mit α der Andromeda, der zugleich δ im Pegasos ist, und mit β im Stierhorn, zugleich γ im Fuß des Fuhrmanns. Eine ganze Reihe aber solcher Zwittersterne würden in der wissenschaftlichen Astrognosie Verwirrung hervorgebracht haben: und so fand in der methodischen Astrothesie eine Theilung statt, wonach die drei ersten Sterne jener Schlange jetzt als β γ ε zum Herkules gehören; was uns aber, denen die mathematische Arbeit am Himmel fremd ist, nie hindern darf sie hier als Schlange zu demonstriren.

Wie wenig aber der ursprünglichen Fantasie zu Schaffung eines Sternbildes genügt, zeigt besonders die aus dem Orient vollständiger als auf der griechischen Sphäre zu uns gekommene Vorstellung der beiden Adler, wie

sie Ideler ebenfalls erklärt hat. In geringer Entfernung von einander sieht man zwei der größten Sterne am Himmel, Altair im Adler und Wega in der Leier: jeden begleitet von zwei kleineren. Die beiden beim Altair bilden mit diesem, der in der Mitte schwebt, eine gerade Linie, die beiden beim Wega mit diesem ein Dreieck. Diese Vergleichung zweier benachbarten Gruppen reichte hin um in jeder etwas erkennen zu lassen, was man an jeder allein gewiß nicht würde gesehen haben.



Der Hauptstern von jeder erschien als der Körper und die zwei kleineren als die Flügel eines Raubvogels; des einen im schwebenden Fluge, des andern im Herabsinken mit eingezogenen Flügeln. Ich muß mich aber rechtfertigen, daß ich dies hieherziehe, wo wir zunächst nur von der griechischen Sphäre handeln. Kazwini führt die Vergleichung des Sterns in der Leier mit einem sinkenden Adler oder Geier, *Nesr*, als den Arabern gehörig an S. 67. Diese Benennung sieht auch den vielen übrigen Sternbezeichnungen, welche dieser Schriftsteller aus der Sternkunde der nomadischen Araber beibringt, sehr ähnlich, die fast durchgängig nur aus Vergleichungen einzelner kleiner Sterngruppen mitten in unseren großen, jenen Nomaden, wie es scheint, unbekanntem Bildern bestehen. Hier fällt es nun sogleich auf, daß die eine dieser kleinen Gruppen, der fliegende Adler genannt, den Hauptpunkt des Sternbilds ausmacht, das auch auf der griechischen Sphäre der Adler heißt. Aber auch der fallende Adler oder Geier, *Nesr el waki*, ist nicht etwa bloß unter den eben genannten kleinen arabischen Bildern begriffen, die mit unserer Sphäre in gar keinem Zusammenhange stehen; sondern ist schon in den ältesten wissenschaftlich-astro-

nomischen Werken arabischer Schriftsteller, die sich im wesentlichen unserer Sphäre bedienen, gangbarer Name des hellen in der Leier, der den aus diesem *Waki* verdorbnen Trivialnamen *Wega* auch bei uns führt, so wie der entsprechende im Adler den Namen *Altair*, aus *Nesr al-tair*. Nun bietet aber das grössere, in einen ordentlichen Adler ausgemalte Sternbild unserer und der griechischen Sphäre in seinen Sternen durchaus nichts, was an einen Adler oder sonstigen Vogel mahnte: und es ist also kein Zweifel das die Vorstellung welche jene drei Sterne allein einem fliegenden Adler verglich, eine uralte ist, die man aber zur Zeit der mehr systematischen Astrothesie aus den Augen verlor, und einen den übrigen Gestirnen ungefähr gleichmässigen Adler an diese Stelle malte, dessen Vordertheil diese drei Sterne nunmehr ganz bedeutungslos auszeichnen. Aber wie schon bemerkt, auch durch ihren einfachen Anblick würden diese drei Sterne die ursprüngliche Idee eines fliegenden Adlers für sich allein nicht erweckt haben; sondern nur die Parallele mit dem benachbarten *Wega* konnte sie hervorbringen. Da wir nun diese Vorstellung bei den alten arabischen Astronomen vollständig finden, bei den Griechen aber nur zur Hälfte; so haben wir hier eine deutliche Spur dessen, was *a priori* schon so gut als gewiss ist, einer alten orientalischen Astrothesie, die wir schon bei jenen alten Chaldäern und von ihnen sei es bei Indiern oder Ägyptern vorauszusetzen haben, und wovon die griechische ausgegangen und ausgebildet ist. Das Bild des sinkenden Adlers ward bei den Griechen durch das Sternbild der Leier verdrängt; worauf es um so natürlicher war, das das Bild des fliegenden Adlers in seiner ursprünglichen Einfachheit verschwand und der angebliche vollkommene Adler an dessen Stelle trat. Die späteren orientalischen Astronomen, die beides vorfanden, vereinigten nun alles wie wir es noch bei ihnen finden; und auf unserer Sphäre ist es seit jener Zeit üblich die Leier und den fallenden Geier als zwei sich einander durchdringende Körper aufzustellen.

Noch ein auffallendes Beispiel von jener naiven Astrothesie gibt uns ein unbekannter griechischer Erklärer des *Aratus* (1). Dieser nennt uns einen sonst unbekanntem Namen des Sternbildes *Orion*, ἄλεκτροπόδιον, Hahnenfufs. Also selbst der Glanz und die Gröfse dieses ersten aller Stern-

(1) S. *Schneider's Wörterbuch in voce* und *Ideler's Sternnamen* S. 220.

bilder, das bei allen Nationen nur gigantische und kriegerische Vorstellungen erweckt, schreckte irgendwo den gemeinen Mann nicht ab von der kleinlichsten aller, dem Fuß oder Fußstapfen eines Hahns (¹): ziemlich analog jener arabischen von der Kassiepea, deren fünf Sterne den fünf Fingerspitzen einer Hand verglichen wurden, die nach einer morgenländischen Sitte durch gefärbte Nägel sich auszeichneten (s. Ideler S. 84.).

Wir mußten durch diese Kleinlichkeiten durchgehn, damit uns anschaulich werde, wie wenig dazu gehört um einer einfachen Einbildungskraft Bilder darzubieten. Obwohl nun also dieselbe Gruppe, wie wir so eben ein Beispiel gesehn haben, von verschiedenen Voraussetzungen ausgehend, auch die verschiedensten Vergleichen und Bilder herbeiführen konnte, so wäre es doch eine ganz irrige Vorstellung, wenn man annehmen wollte, die Ideen zu den Sternbildern wären von andern Ursachen aus an den Himmel getragen worden, und nun erst hätte die hinzutretende Einbildungskraft die Sterne und deren Lage solchen Gegenständen anzupassen gewußt. Meine Absicht ist zu zeigen, daß obwohl auch dieser Gang bei einzelnen Fällen, wo sich die Sterne nicht recht von selbst gruppirt, eingetreten ist, doch die bekanntesten und ältesten zuverlässig von der Gestalt der Gruppen ausgegangen sind.

Von der gangbarsten Vorstellung des Orion wird dies zu bezweifeln niemanden einfallen. Die große durch alle Nationen durchgehende Darstellung ist die eines Riesen in seinem gegürteten Panzer, obgleich die Kopfstelle nur schwach ist, und die menschliche Gestalt nur bis auf die Kniee sich präsentirt, so daß die Beine selbst hinzugedacht werden müssen. Wie der Name Orion entstanden ist, darüber werde ich meine Vermuthungen unten vortragen. Daß der griechische Mythos von dem Manne dieses Namens erst aus der Vorstellung eines Riesen sich herausgebildet hat, wird man hier schon nicht unwahrscheinlich finden. Aber gleich beim Orion zeigt sich nun auch abermals, wie die Ausmalung der Bilder auf der Sphäre, und die Vertheilung der einzelnen Theile auf die einzelnen Sterne, die erste einfache Darstellung oft verunstaltet hat. Der wirkliche Orion ist deutlich die

(¹) Nicht einem schreitenden Hahn, wie Ideler es, erträglicher freilich, fassen möchte: aber der Ausdruck *πὸς, πόδιον* gestattet es nicht.



Gestalt eines Mannes von vorn. Die Ausmaler, um alle Sterne hineinzu-
bringen, und aus fast allen etwas zu machen, stellen ihn mit halb gewandtem
Körper fast ins Profil, und lassen ihn, zum Angriff nach Westen gekehrt,
seinen Schild, wozu man eine schwache Andeutung von Sternen braucht,
dorthin vorhalten; wodurch nun die erste kindlich hingestellte Vorstellung
ganz verdreht ist, und außer der Zeichnung auf der Sternkarte von keiner
Einbildungskraft in die Sterne so gelegt werden kann.

Da die kindliche Fantasie immer zunächst bereit ist menschliche Ge-
stalten zu erblicken, so mußte der Bootes sich nothwendig von selbst eben
dazu bieten; ja leichter noch als der Orion, obgleich an Glanz der Ge-
samtgruppe jenem weit nachstehend. Denn den Kopf stellt hier ein den fünf
übrigen Sternen, welche die Hauptfigur in Schultern, Gürtel und Füßen
begrenzen, in ihrem mittelmäßigen Glanze gleicher Stern eben durch diese
Gleichheit deutlicher dar, als im Orion, wo das Licht des Kopfs von den
Gliedern weit übertroffen wird. Und der sehr vorstralende Stern Arkturus,
stört doch eben so wenig diese Figur; eben weil er keine wesentliche Stelle



im Körperbau einnimmt, und er also für sich, etwa als ein zierender Edelstein im Schwert, gedacht werden kann. So sah man also hier einen Mann; und seine Bestimmung als Ochsentreiber oder Bärenhüter bekam dieser durch die zufällige Nachbarschaft der beiden Gestirne, die man bald als zwei Wagen, bald als zwei Bären ansah. Der Begriff eines Bärenhüters ist freilich kein so natürlicher aus dem wirklichen Leben genommener wie der des Ochsentreibers: aber Arktophylax ist auch nur die weit neuere Benennung. Der Name Arkturus aber, ein wirklich alter Name, der, freilich ungefähr dasselbe sagt, gehört, wie ich mich jetzt überzeugt habe, schon vom Ursprung an dem Stern allein, nicht dem Bilde. Schon bei Hesiodus (*Egy.* 564.) kommt ἀρκτοϕύλαξ mit dem Beisatz ἀστὴρ vor, das nur ein Stern heißt, und auf ein so großes Sternbild auch poetisch nicht ausgedehnt werden kann. Den Bärenwächter aber nannte man diesen Stern ohne Zweifel nur aus einer praktischen Ursach, nemlich weil er dem Ungeübten diene, die dem Schiffer so wichtigen Bären schnell aufzufinden.

Unter den Zodiakalbildern ist man besonders geneigt viel kalenderartiges zu erkennen; ich meine Bilder welche ihr Dasein nicht der wahren

Gestalt ihrer Gruppen, sondern dem Symbol der Jahreszeit, da die Sonne ein jedes erreicht, verdanken sollen. Wäre etwas durchgehendes der Art auch nur in der Mehrheit der Zeichen zu erkennen, so würde man sich einem so praktischen Gedanken wol nicht versagen. Möglich auch, daß die Wage, da sie in dieser Benennung nicht in das den Griechen geläufige Zodiakal-System gehört ⁽¹⁾, ursprünglich schon, d. h. im Orient vor den Griechen, das ganz willkürlich gebildete Symbol der Nachtgleiche war: wenigstens ist in dem Dreieck das ihre Hauptsterne bilden nichts die Gestalt einer Wage vorzugsweise darstellendes: aber im Krebs ein Zeichen der nun wieder zurückgehenden Sonne zu finden; und im Steinbock ein Zeichen der nun wieder heraufzusteigen — von ganz unten nemlich — anfangenden: das sind keine Überzeugung bringende Gedanken.

Da nun weder im ganzen noch im einzeln diese Ansicht sich empfiehlt; so dünkte ich wäre wol auch der Löwe, den viele so zuversichtlich ans der wütenden Sonnenglut sich erklären, so etwas einleuchtendes in diesem Sinne eben nicht: wiewohl man, wenn der Löwe den Menschen wirklich vor Augen stand, eine darauf erst gebaute allegorische Nutzenanwendung sich wohl gefallen lassen kann. Daß er aber vor Augen stand, wie kann man dies bei dieser Stellung seiner Sterne bezweifeln, und ihn von außen hinein getragen glauben?



(1) S. meine Vermuthungen hierüber in Ideler's astronom. Beob. der Alten. S. 373.

Nur stelle man wieder die Zeichnung her, welche allein diese schöne Gruppe begründet, die eines majestätisch ruhenden Löwen; nicht die eines im eifrigen Angriff vorwärts eilenden, wodurch gerade das malerisch-charakteristische des Bildes am Himmel vernichtet wird.

Einem Bilde hat man glücklicherweise seine Gestalt, wie sie dem ersten Beobachter sich darstellte, auch in der gangbarsten Zeichnung gelassen; dem großen Hunde: und aus dieser wird jeder, der es nicht zu gering achtet, für diese Spiele der Einbildungskraft Sinn zu haben, deutlich erkennen, daß durchaus kein Symbol für die allen Nationen so wichtige Erscheinung des Sirius bei der Fingirung des Hundes zum Grunde liegt. Vielmehr auch diese Gestalt war gegeben, und ist da; nur — was dem oberflächlichen Sternbeobachter in unsern Gegenden, wo der untere Theil des Sternbildes dem südlichen Horizont zu nah ist, in seiner gestirnten Wahrheit nicht leicht in die Augen fällt — er ist da als ein auf den Hinterpfoten aufgerichtet sitzender, so daß Sirius die Schnauze, γ den Hinterkopf und β die vorausgestreckte Vorderpfote, drei schöne Sterne im Süden aber den Hinterleib im gehörigen Verhältniß für das darauf ruhende Thier bezeichnen.



Auch die älteste Notiz von diesem Hunde bei Homer (*Il.* χ , 29.),

Ὅν τε κύν' Ὀρίωνος ἐπίκλησιν καλέουσι

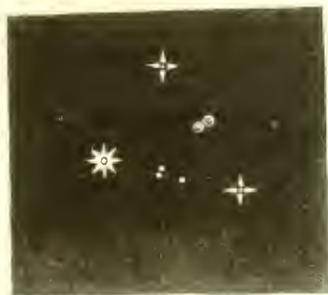
Welcher Orions Hund genannt wird unter den Menschen

zeigt uns blos einen ruhig bei seinem Herrn stehenden oder sitzenden Hund; was auf die mythische Darstellung nur den Einfluß gehabt hat, daß Orion als ein Jäger geschildert wird. In so gar keinem Zusammenhang aber steht, gegen die Meinung so vieler, die griechische Mythologie mit der alten Astrothesie, daß selbst diese gefeiertsten aller Sternbilder weiter nichts als einen oder den andern isolirten Mythos vom Orion, die wir unten noch berühren werden, und ein paar gar nicht Wurzel fassende Deutungen des Sirius auf einen oder den andern mythischen Grund begründeten.

Ja fast zum Spott gegen einen solchen Nimrod ruht ein Hase unter seinen Füßen. Dem so wenig dieser unter die glänzenden Gestirne gehört, so verdient er doch vor anderen hier eine Erwähnung, als eines das in wenigen Sternen die wirkliche Skizzirung des Gegenstandes darbietet. Ein Oval von sieben oder acht Sternen dritter und vierter Größe, bekommt durch vier andre von vierter und fünfter rechts vor und über ihm, ganz das Ansehn eines mit zusammengezogenem Leib und aufrechten Ohren sitzenden Hasen, wozu auch an passender Stelle ein Auge sich füget.



Sehr begreiflich ist es aber auch dafs die Ähnlichkeit eines Haupttheils oft hinreichte um ein ganzes Bild entstehen zu lassen. So bietet die Gesamtgruppe des Stiers durchaus keine Ähnlichkeit, weder mit dem ganzen Thier, noch — wie dasselbe von jeher vorgestellt worden ist, mit der vordern Hälfte, *προτομή*, desselben dar. Aber, man zweifle nicht, die Gruppe der Hyaden allein hat dies Bild zuwege gebracht. Diese nemlich die, wie wir oben bemerkten, ein **V** bildet, stellte sich der lebendigen Fantasie auch als das kurz gedrängte Antlitz eines Stiers dar, gerade in seinem charakteristischen, worin es sich namentlich auch von dem gestreckteren Kuhgesicht unterscheidet.



Ein mehreres bedurfte es nun nicht. Schaute einmal ein Stier zum Firmament heraus, so ergänzte ihn die Fantasie, selbst auf Kosten des wahren Verhältnisses. Ein paar zu hoch liegende Sterne wurden die Spitzen der Hörner, und für das Zodiakalsystem erwuchs wenigstens der Vorderleib eines Stiers.

Die Wahrheit dieses Falles, wie sie mir wenigstens erscheint, führt mich gleich zu einer ähnlichen Beobachtung über den Krebs. Dieses Bild ist eigentlich eine leere Stelle. Denn Sterne wovon die größten vierter Gröfse sind, gibt es an jedem Fleck des Himmels auch zwischen den Bildern. Das einzige was hier von jeher die Augen auf sich zog, war ein mattschimmernder Sternhaufen, besonders bemerklich durch zwei Sterne, kleine zwar, von vierter Gröfse, die aber ganz in gleicher Entfernung dicht bei jenem Fleck, zu beiden Seiten desselben stehn; und daher zwei Eseln verglichen werden welche dis- und jenseits ihre Heubündels oder ihrer Krippe stehn. Und so benannte man nun auch, und zwar im hohen griechischen Alterthume

schon diese kleine Gruppe. Diese Art der Sternbezeichnung, da die Sterne nicht Umrisse von Gestalten bilden, sondern jeder für sich formlos, aber im Verhältniß zu einander, jeder ein Ding oder ein Individuum andeutet, das mit den andern eine Gruppe von Individuen oder eine kleine Scene bildet, ist bei den Nomaden Arabiens die gewöhnliche, mit unserer bemalten Sphäre aber unverträglich; und was daher von dieser Art bei uns vorkommt, findet nur ganz unabhängig von dem eigentlichen Bilde in dessen Umfang es sich befindet, und als Name, statt, wie eben diese beiden Esel im Krebs, und in der neuern Trivial-Astrognosie die Gluckhenne oder die Plejaden im Stier; in die Zeichnung kann es nur auf eine uneigentliche und mißbräuchliche Art verwebt werden, wie wir unten bei der Ziege mit den Böckchen sehn werden. Also aus dieser Vorstellung konnte für die schwach erleuchtete Stelle zwischen Zwillingen und Löwe ein Bild nicht erwachsen. Aber diejenigen Augen welche schon gewohnt waren in den Sternen Punkte und Linien zu Umrisen von Figuren zu erblicken, mußten in dieser kleinen Sterngruppe entweder gar nichts oder etwas ganz verschiedenartiges sehen. Was sie sahen, das sagt mir der Name des Sternbildes: sie sahen ein Krebsgesicht. Eben diese Verschiedenartigkeit des Nebelscheins der zwischen diesen beiden Sternen gesehen wird, gibt jenen die Ähnlichkeit zweier nah



an einander sitzenden und durch einen Bügel getrennten Krebsaugen. Dieser Anblick hieß der Krebs, wie die Hyaden der Stier: und so bedurfte es, so wie dort beim Stiergesicht der Hörner nicht, so auch hier nicht dessen, was sich übrigens noch ganz leidlich hinzu findet, zweier eben so schwach glänzender Sternpaare in den zwei Scheeren. Der übrige Körper blieb wie dort ohne Auszeichnung. Aber das Bedürfnis eines ordentlichen Zodiakalbildes, als die Sternkunde sich zu gestalten anfang, machte hier dafs doch wenigstens ein Krebs von der ungeschwänzten Art auf die Sphäre ausgemalt ward.

Das Gegenheil von diesem letzten Falle ist, wenn ohne einen solchen charakteristischen Punkt, ein gröfserer Umfang, wenn gleich schwächerer Sterne, blofs durch den Umrifs den sie darbieten, das Bild eines bekannten Gegenstands erweckt. Indem ich dies am Grofsen Bären zeige, hoffe ich diesem von der grofsen Mehrheit der Himmelsbeschauer gewifs verkannten Sternbild zu seinen plastischen Ehren zu verhelfen. Zwar sind die Septentrionen nichts weniger als schwache Sterne. Aber bekanntlich machen diese nur den vierten Theil des Sternbildes aus; und gerade diese Gruppe gröfserer Sterne ist für das Gesamtbild so wenig charakteristisch, dafs vielmehr, indem sie den Umrifs bilden helfen, sie das einzige der Figur eines Bären fremde, den Schwanz hinzufügen. Fangen wir indessen mit ihnen das Bild von hinten an, so sehen wir unterhalb des Vierecks und von da an nach vorn hin dreimal je zwei dicht bei einander stehende Sterne, die so ebenmäfsig jedes Paar an sich und zu dem andern gelegt sind, dafs die Araber sie die Gazellensprünge nennen; weil sie vermuthlich der Fufspur dieses Thiers gleichen. Diese drei Sternpaare sind auf den Sternkarten ganz regelmäfsig in drei Füfe des schreitenden Bären gelegt; und der Raum oberhalb ist mit Sternen mittler Gröfse ausgefüllt. Diese würden nun, eben ihres geringen Lichtes wegen für das Auge sich nicht so leicht gruppieren, wenn nicht das ganze Sternbild von gänzlich oder beinahe sternleeren Stellen umgeben wäre, welche von der neuesten Astrothesie erst, nicht für das Auge, sondern einzig für das System, mit sogenannten Sternbildern, namentlich dem Luchs und dem Kameelpard, ausgefüllt worden sind. Hiedurch fällt also die grofse Masse des vordern Bären, ungeachtet ihrer eignen mitelmäfsigen Sterne deutlich ins Auge; und zwar so dafs das Ganze mit jener Andeutung dreier schreitender Füfe und dem Schwanz das Bild eines schrei-

tenden Thieres recht gut darstellt. Aber warum eines Bären? Unstreitig weil die kurze gedrungne Gestalt, und eine an der Kopfstelle gleichsam ohne Hals angefügte V-ähnliche Figur, der Physionomie dieses Thieres sehr ähnlich ist.



In der That, welche andre Ursach einen Bären hieher zu bringen, könnte man wol gehabt haben? An den Mythos von der Kallisto wird hoffentlich heut zu Tage niemand denken. Dieser Mythos hat blos den Zweck die Abkunft und den Namen der Arkadier durch den Arkas vom Zeus und dieser in eine Bärin (*ἄρκτος*, alt *ἄρκος*) nachher verwandelten Nymfe herzuholen: in die Sternedeutungen aber kam diese Bärin eben so, wie der Nemeische Löwe, und der Marathonische Stier, und der Widder der Helle u. a. Das Thier, den Bären, als bloßes Symbol des Norden auf Erden anzusehn, und aus solcher Poesie diesen uralten Gestirn-Namen herzuleiten, ist gewiß auch ein armer Behelf. Oder wollen wir annehmen daß man von Alters her blos jene sieben Sterne den Bären genannt habe, wie noch jetzt die oberflächliche Astrognosie thut? Wahrlich dann wäre der Name noch unbegreiflicher, und der Schwanz des Bären der auch beim größten Umfange des Bildes den Zoologen zum Anstoß gereicht, wäre vollends die lächerlichste Misgeburt. Denn daß am kleinen Bären dies gesteigerte Misverhältnis wirklich vorhanden ist, dies beruht nur auf altem Misverstand. Der uralte Trivialname beider Septentrionen war, der große und kleine Wagen. Der große

Wagen hiefs, als Theil eines gröfsern Bildes, der Bär, und dieser Name blieb im gemeinen Leben fest auf den sieben Sternen, die man allein brauchte; und so hiefs dann allmählich auch der kleine Wagen, der gleichen Gebrauch und ähnliche Gestalt hatte, auch der kleine Bär; und über die Gestaltung des Vierecks, das in so alter Überlieferung ein Bär hiefs, ward gar nicht rasonirt. Aber ich wiederhole es, die wahre Lösung der Aufgabe von Entstehung dieses Namens beim ersten Bild gibt der Anblick. Wer bei voller Nacht und voller Klarheit den grossen Bären von Nord-Osten heraufkommen oder nach Nord-Westen hinabsteigen sieht, der wird deutlich dieses von mir hier gezeichnete Bild sehn, die kurze gedrungne Gestalt eines seitwärts schauenden Bären: dessen Abnormität am Hintertheil ihn nur zu einem — geschwänzten Bären macht. Was dabei in unserm nordischen Klima und in unsern Städten an deutlicher Erkennung uns hindert, das wende man doch ja nicht an auf jenen südlichen, die Nacht auf dem Feld zubringenden Hirten, und auf den am Steuergriff sitzenden, nach dem Nordpol schauenden Piloten. Einen solchen denke man sich in seiner einsamen Empfänglichkeit, und man wird einsehen, dafs nicht aus irgend einer absichtlichen Klügelei ein Bär von ihm an den Himmel gesetzt wurde, sondern ein Bär ihm am Himmel erschien: wie dies schon allein das durch den Namen ἄρκτος, den der ganze Nordhimmel führt, beurkundete hohe Alterthum dieses Bildes ahnen läfst. Und ein noch sprechenderes Argument für diese Darstellung liegt in einem Worte bei Homer. Ἡ δ' αὐτοῦ στρέφεται, sagt er (*Il. σ.* 488.) von dem Bären, καὶ τ' Ὠρίωνα δεκλύει: „Welcher sich dort umdreht und stets den Orion bemerkt.“ Der Orion, so weit er auch vom Nordhimmel entfernt ist, steht gerade in der Gegend wohin jener so von mir gezeichnete Bär sein schräges Antlitz hinwendet; und zwar so, dafs auch wenn der Orion unter dem Horizont ist, dieser gleichsam lauschende Blick des Bärenkopfs genau dahin weist, wo unter dem Horizont Orion verborgen ist, und Ort und Moment seines Aufgangs bezeichnet: indem, wie ein alter Grammatiker bemerkt, der Dichter witzig (χαριέντως) das Thier den Jäger beobachten läfst. Nach meinem Urtheil gehört dieser Witz nicht diesem Dichter, sondern er ist aufgenommen aus den immer mit Witz verbrämten Beobachtungen und Regeln des Volks. Auf jeden Fall, wer diese Beobachtung machte, konnte nicht die nichtssagende und nirgendhin gewandte Figur der sieben Sterne in Gedanken haben; er konnte auch nicht ein aus formlos beisammen stehenden

Sternen willkürlich benanntes Bärenbild sich so beleben; sondern er sah offenbar den so geformten nach Süd-Osten blickenden Bären, der also ganz in jenes kindlich dichtende und malende Zeitalter gehört und die wahre Ursach der uralten Benennung dieses Gestirns und dieser Himmelsgegend ist.

Und nun auch ein auffallendes Beispiel von einem Bild dessen erste sinnliche Auffassung schon im Alterthume selbst wieder den Beobachtern entschwunden war, und nur in dem Namen geblieben ist. Dies glaube ich im Fuhrmann gefunden zu haben. Es ist der Mühe werth die Sterne erst zu betrachten, wie sie jetzt in die Figur eines Mannes gefugt sind. Dafs



in dieser Gruppe nichts ist, was von selbst die Gestalt eines Mannes erwecken könnte, wenn man auch noch ein Bündelchen kleiner Sterne das hoch oben über dem Gauzen schwebt als Spitze der Kopfbedeckung zu Hülfe nimt, ist offenbar. Am allerwenigsten begreift man woher die bestimmte Idee eines Fuhrmanns kommt und warum gerade dieser eine Ziege mit ihren Böckchen auf der Schulter trägt; und warum dieser helle Stern eine Ziege ist. Ich hoffe dies alles zur Befriedigung zu entwickeln.

Wenn wir vor allem was die jetzige Sphäre positives uns darbietet die Augen verschliessen, und blofs die Sterne betrachten, so bietet sich hier

dieses als die Hauptgruppe dar, die jeder nur einigermaßen sternkundige sogleich erkennen wird.



Nur weil diese Gruppe, ohne uns ein Bild darzubieten, unserm Gedächtnis eingepägt ist, und mit ihm einer der bekanntesten Namen am Himmel, so ruft jeder, sobald er sie, so wie ich sie hier gestellt habe, am östlichen Himmel gewahrt: da kommt die Capella; obwohl wir unter diesem Namen nur den großen Stern rechts, und in den Sternlein bei ihm die Böckchen erkennen. Der große links dient uns nur mit zur Bezeichnung, und nur wer genauerer Kenntnis sich erfreut, weiß, daß dieser, mit einigen andern in der Nähe, zu dem Hauptbild, dem Fuhrmann gehört. Ich bitte nun dies alles zu vergessen; und diese fünf Sterne hier allein darauf anzusehn, ob sie nicht die wesentlichen Punkte von dem Profil eines antiken Streitwagens mit daraufstehendem Heniochos oder Wagenlenker darbieten.



Der Stern β bezeichnet das hinterste niedrige Ende des Wagenkorbs: das was wir jetzt Capella nennen den hinter der Brüstung des Wagens hervorragenden Wagenlenker oder Fuhrmann, und die Sternlein deuten die Brüstung mit den daran herabhängenden Zügeln an. Um sich ganz zu überzeugen dafs dies das erste Bild war das der Seele des Beschauers sich darbot und den Namen *Hvíorjss* veranlafste, mufs man diese Gruppe allein am Himmel, und zwar, wie schon angedeutet, bald nach dem Aufgange des Sterns Capella betrachten, wo es gleichsam den Horizont entlang zu fahren scheint. Merkwürdig nun allerdings dafs schon bei Aratus keine Spur mehr von dieser Vorstellung erscheint, sondern er vielmehr den Fuhrmann V. 160. ff. und 175. auf eine Art beschreibt, die nur auf das sinnlose Bild paßt wie unsre Sphäre es darstellt. Diese Umwandlung rührt ohne Zweifel von dem allmählich eingetretenen Misverstand des Namens Fuhrmann her, worin man nur den Mann allein hörte; und von der Nothwendigkeit worin man sich gleichsam versetzt sah, den Hauptstern des Bildes, also gerade den Heniochos des Urbildes, unter seinem besondern Namen, der Ziege, mit dem Gesamtbilde zu vereinigen. Diese Ziege müssen wir also besonders betrachten.

Vielleicht hält man es nicht für unnatürlich, dafs ein sehr heller Stern, dicht bei welchem einige kleinere liegen, den Begriff eines Thiers mit seinen Jungen erweckte; und man wird also anzunehmen bereit sein, dafs dies eine ältere besondere Vorstellung dieser kleinen Gruppe sei, die nachher mit dem, unabhängig davon entstandenen, eigentlichen Sternbilde des Fuhrmanns, so gut sich thun liefs verbunden ward; wie wir die auf unserer Sphäre allerdings vorhandnen ähnlichen Fälle oben berührt haben. Aber dieser gegenwärtige Fall, dafs dicht bei einem gröfsem Stern einige kleinere stehn, ist so ein gewöhnlicher Anblick, und in der Gruppierung dieser, ist so gar nichts eigentliches oder auch nur besonderes — wie doch eben bei jenen Eseln der Fall ist —; dafs man gar nicht sieht warum gerade diese so gedeutet worden, und noch weniger warum eben in eine Ziege. Doch solche Bedenken wären bei so uralten Vorstellungen des Verweilens vielleicht nicht werth, wenn sich nicht eine andere Ansicht darböte, mit welcher ich daher gleich vortreten will.

Jedermann weifs dafs die Ziege mit allen ihren Auf- und Untergängen Stürme bedeutete. Man s. Serv. *ad Virg. Aen.* 9, 668. Plin. 2, 39. Arat. 159.

Ich glaube daher dafs die Ziege nur aus Misverstand des Namens Αἴξ entstand, den man in seiner alltäglichen Bedeutung nahm, da er ursprünglich nur auf den Sturm deuten sollte. Nehmlich von αἴτσειν eilen, stürmen, abgeleitet drückte αἴξ jede ungestüme heftige Bewegung aus. Bei Homer zwar *Il. ε*, 709.

Τόξων αἴκας ἀμφὶς μένον,

zeigen Ton und Marmor die Form αἰκή: aber Apollonius *Argon.* 4, 820. trägt kein Bedenken zu setzen

ἀνέμων αἴκας ἐρύξειν,

wo wir also die Form αἴξ, und zwar von den Windstößen gebraucht sehn. In diesen Wortformen, so wie auch in dem homerischen πολυαἴξ u. a. herrscht als Stammbuchstab das *κ*: dafs aber dies nicht wesentlich ist, sondern eben so gut auch ein *γ* an dessen Stelle trat; dies beweist zuvörderst das Wort αἴξ in seiner gewöhnlichen Bedeutung — denn wer wird diesen Namen des stöfsigen und löckenden Ziegengeschlechts anderswoher als von αἴτσειν ableiten? — dann aber auch andre Wörter, die wir aber erst von dem Begriff einer Ziege, womit eine einseitige Etymologie alle zu verbinden weifs, los machen müssen; und insonderheit der Name der Aegis, αἰγίς (¹).

Diese war bekanntlich die Wehr der höchsten Götter, die von ihnen erschüttert, Sturm erregte. *Il. ρ*, 593.

Καὶ τότε ἄρα Κρονίδης ἔλετ' αἰγίδα Στυανόεσσαν
Μαρμαρέην, Ἴδην δὲ κατὰ νεφέεσσι κάλυψεν.
Ἄστράψας δὲ μάλα μεγάλ' ἔκτυπε, τὴν δ' ἐτίναξεν.

Virg. Aen. 8, 350.

Arcades ipsum

*Credunt se vidisse Iovem, cum saepe nigrantem
Aegida concuteret dextra, nimbosque cieret.*

In dieser Aegis nun ein Ziegenfell zu erblicken, droht schon Herodot uns zu verführen, wenn er (4, 198.) sagt, die Griechen hätten die Aegis der Pallasbilder von den libyschen Frauen genommen welche mit Troddeln behängte Ziegenfelle über ihrem Gewande trügen. Aber wenigstens diese

(¹) Dafs ich nichts neues im nächstfolgenden behaupte, davon überzeuge man sich bei Heyne zu *Il. β*, 148, dann im *Etym. M.* unter Αἰγίς, Αἰγιάλος u. s. w.

Weiber sind ohne Beweiskraft bei der αἰγίς Συσανέστια des Zeus; und man müßte also doch durch einen allgemeinen Begriff zu dem ursprünglichen Ziegenfell gelangen. Wirklich weist uns auch diesen Hesychius in d. W. nach, wenn er aus einem geographischen Schriftsteller ⁽¹⁾ anführt, daß die Lakonier den Brustharnisch überhaupt so nannten: Νυμφόδωρος δὲ καὶ τὸν Σάρακα αἰγίδα λέγουσθαί φησιν ὑπὸ Λακωνῶων. Mag es mit dieser Notiz, die sich mit der Herodotischen nicht recht vereinigt, sich verhalten wie es will; unmöglich können wir doch annehmen, daß dieses von einem ursprünglichen Ziegenfell ausgegangene Appellativ eines gemeinen Panzers so ganz der Eigenname jener erhabenen und furchtbaren Götterwehr sollte geworden sein, so daß sogar der hohe Beiname des Zeus αἰγίοχος davon herkam. Aber mich dünkt diese vom wirklichen Thorax, sei es der Libyerinnen oder der Lakonier, ausgehende Darstellung wird schon allein dadurch entfernt, daß ja nirgend bei Homer die Aegis ein Panzer ist, sondern überall ein Schild; oder daß sie doch wie ein Schild ergriffen, erhoben, vorgehalten, erschüttert wird ⁽²⁾. Der Name kann also auch nicht von dem Begriff eines Panzers, also auch keines Ziegenfells, ausgehen, sondern wird seine Begründung in sich haben. Nun ist aber die Aegis, sei sie als Schild oder als Panzer gedacht, der Sturm, die mit Blitzen durchzuckte Gewitterwolke selbst. Dies liegt unter andern in der Fabel bei Diodor, wo Athena ein Ungeheuer namens Aegis, das Asien verheert, erlegt und aus dessen Fell sich ihren Thorax macht. Also dürfen wir auch den Begriff des Namens suchen in dem Namen der Aegis.

(1) S. Schweighäuser in *Ind. ad Ath. v. Nymphodorus.*

(2) So namentlich von Athena. Denn wenn gleich solche Stellen, wo sie die Aegis ἀμφὶ ἄμοισιν βάλετο, zweifelhaft scheinen können (*Il. ε, 738.*), so entscheiden doch solche durchaus, wo sie mitten in der Schlacht einem Helden dasselbe thut: ἀμφὶ δ' Ἀχιλλῆος ὤμοισι βάλ' αἰγίδα dem Achilleus (*Il. τ, 204.*), oder wo es heißt φειδίππου βροστον αἰγίδ' ἀνέτεγεν Ἰσώδεν ἐξ ὄρουφός (*Od. γ, 297.*); oder Ἐν γὰρ τῶν μένος ἦκε — Αἰγίδ' ἀναστειπάτα (*Scut. Herc. 344.*), oder Ἀπὲρ ἦλθεν Ἄγρος ἐρεμῶν αἰγίδ' ἔγχετο (*ib. 444.*). Die Vorstellung vom Thorax, die Herodot erwähnt, mag also schon eine spätere sein: und wenn also wirklich nach der etymologisch ebenfalls gegründeten Ableitung ein Theil der Griechen gewisse Brustbekleidungen αἰγέας und αἰγίδας nannten, so kann dies jene spätere Vorstellung von der göttlichen Aegis mit veranlaßt haben, da ja so sehr gewöhnlich in den Sprachen die Begriffe und die Wörter sich in einander wirren.

Doch er kommt uns ungesucht entgegen. Denn wollte man auch in des Aeschylus Gebrauch (*Choeph.* 589.) αἰγίδων ἀνεμερέντων von den Stürmen, einen aus der Götter-Aegis erst gebildeten dichterischen Ausdruck suchen; so gestatten solches doch nicht das zusammengesetzte Wort καταργίς und das Verbum καταργίζειν, die in der Prosa vom herabstürzenden Sturm gebraucht werden ⁽¹⁾; und noch weniger das Λάβρος ἐπαιγίζων, das Homer (*Il. β.* 148.) vom Zephyros braucht. — Mit Winden und Stürmen sind ferner verwandt die Meereswellen: daher αἰγιάλος der Ort gegen welchen αἴτσει ἡ ἄλς. Wiewohl selbst die richtigste Ansicht der Sache einen alten Grammatiker im Etymologikon nicht abhalten konnte, auch hier die Ziege zu finden: ἀπὸ τοῦ δίκην αἰγὸς ἀλλεσθαι „weil das Meer dort nach Art der Ziegen springe.“ — Und eben dahin gehören dann die Namen von Seeplätzen, wie *Aegae*, *Aegium*, *Aegina*, und des Aegäischen Meeres, und des Aegäischen Poseidon selbst, samt dem von ihm nicht verschiednen Heros Aegeus ⁽²⁾.

So haben wir den Diphthongen αι und den Stammbuchstaben γ hinreichend für den in αἴτσειν liegenden Begriff und die stürmische Bewegung von Wind und Wellen belegt: und die kürzeste Form αἴξ selbst, worauf wir ausgehn, zeigt uns Hesychius, wenn er καταῖγας in einem verlorren Schriftsteller durch καταργίδας erklärt. Dies war also nur eine weichere Aussprache der αἴκες, die wir bei Apollonius gesehn haben, und der καταίκες bei ebendemselben, bei Kallimachus u. a. ⁽³⁾. Endlich das einfache αἴγες war auch in der gemeinen Sprache geblieben für grofse Wellen; wofür wir Sturmwellen, Sturmfluten sagen können ⁽⁴⁾.

Wenn also gar kein bestimmender Grund ist, warum jener einzelne Stern die Ziege geheifsen; so ist es gewifs eine höchst wahrscheinliche Annahme, dafs sein Name Αἴξ ursprünglich blofs den Stürmer bedeutete; bald aber, da so viele Gestirne nach Thieren hiefsen, nach der Bedeutung

⁽¹⁾ S. Steph. *Thes.* und Schneid. Wört. in καταργίζω; nebst *Schol. ad Il. β.* 148. αἰγίδας γὰρ ἔλεγον ὡς ἡμεῖς καταργίδας. Vgl. auch Eustath. zu dieser Stelle und Hesych. dessen eine Glosse anfängt, Αἰγίς, ὀξεία πνοή.

⁽²⁾ S. Müller, *Dorier* I. 238.

⁽³⁾ S. Schneid. Wört. und die Erklärer des Hesychius in d. W.

⁽⁴⁾ S. Artemidor bei Schneider in Αἴξ und Küster zu Suidas in d. W.

desselben Wortes, welche die gangbarste war, verstanden ward, und so nun auch die kleinen daneben zu Böckchen bekam. — Doch man erlaube dem Philologen, daß er bei einem Gegenstand, den er Einmal behandelt, die Sprachseite ganz aufs reine zu bringen sucht. Auch die Zweideutigkeit des Wortes fällt weg, wenn man mit mir annimmt, daß es in der ältern Sprache gar keine eigentliche Benennung weder für den Sturm noch für das Thier war, sondern ein Attributiv, dergleichen die Sprachen sowol in Form des Substantivs als des Adjektivs bilden. Ganz analog war dies αἶζ von ἀΐστω gebildet, als Attributiv für Wind und Welle, und für den Stern, welcher dergleichen mit sich bringt, gleichsam der Stürmer, der Tober, das Sturmgestirn. Eben solche Attributive treten aber, namentlich in der griechischen Sprache, auch für gewisse Thiere auf, z. B. κερδῶ für den Fuchs, μιμῶ für den Affen, und πτώξ für den Hasen. Ja dies letzte, wiewol es *Il. χ.*, 310. bloßes Epithet ist, ἡ πτώκα λαγῶν, steht *ρ.*, 676. für das dort noch nicht genannte Thier, also als eine gangbare Benennung desselben: Ὅν τε (den Adler) καὶ ὑψόθεν ἔόντα πόδας ταχὺς οὐκ ἔλαθε πτώξ Θάμνω ὑπ' ἀμφικόμῃ κατακείμενος: vgl. *Theocr.* I. v. 110. Καὶ πτώκας βάλλει καὶ θηρία πάντα διώκει. Ein eben solches Wort war αἶζ: denn der eigentliche griechische Name für Bock und Ziege war χίμαρος, χίμαρα. Das Wort αἶζ, Stöfser, Stofsthier, war also ein solches Attributiv; das aber zum Hauptnamen ward, und jenen andern Namen fast verdrängte.

Daß nun aber schon in der Mythologie auf diese Ziege am Himmel Rücksicht genommen ist, und sie die Amalthea sein sollte (*Arat.* 163.), kann keinen Einfluß auf diese Untersuchung haben: denn weder sind solche Wort-Verwechslungen so jung, noch diese mythologischen Erfindungen so uralt, daß diese nicht auf jenen Irrthum gefolgt sein sollten. Ein einleuchtendes Beispiel solcher auf Misverstand gebauten mythischen Angaben gibt dieselbe Ziege durch ihren Beinamen. Da nemlich nun einmal eine Ziege mit ihren Böckchen hier entstanden war, und das Bild des Fuhrmanns doch auch fest stand, so versuchte man hier, was mit den Eseln auf dem Krebse freilich nicht praktikabel war, die Ziege mit samt ihren Böckchen auf dem Fuhrmann anzubringen, und setzte sie ihm auf Arm und Schulter. Und deswegen, besonders aber zum Unterschied von dem Αἰγόκερος oder Steinbock, der in der griechischen Sprache eben so gut Αἶζ heißen konnte, nannten die Sternkundigen jene Ziege nun Αἶζ ὠλενία (*Arat.* 164.) „die Ziege auf dem Arm“.

So einleuchtend und ausgemacht dies aber itzt für uns ist, so verlor doch die unkritische Welt, in deren Sinn und Mund diese Gegenstände sich bewegten, die Ursache solcher Benennung so ganz aus den Augen, daß man sie für einen Eigennamen hielt — daher auch die Lateinischen Dichter *Olenium pecus* u. d. g. sagen, — den man wie andre mythische Namen behandelte. Von einigen ward nun ein *Olenos* auf mehr als einerlei Art in diesen Mythos gebracht ⁽¹⁾; nach andern hatte Amalthea den Zeus nicht in Kreta, sondern in oder bei Olenos in Achaja gesäugt ⁽²⁾: und wirklich traf es sich, daß in jener Gegend einige Städte beisammen lagen, Helike, Aegion, Olenos, deren Namen sämtlich an die auf Zens Erziehung bezognen Gestirne erinnern. Kurz dieser Misverstand kann nicht mehr befremden, als der mit der Kynosura als Nynfe; oder als in andern Theilen der Mythologie der Amfiktyon, und der Aegialeus, und die unzähligen andern Appellativa, die als Eigennamen in die Mythen gekommen sind. Aber freilich auch der echte Sinn des Beinamens *ἄλεια* setzt schon die *αἴξ* als Ziege voraus: was aber weiter nichts sagen will als daß, wenn wir die Namen Kynosura und Aix als gleich alt annehmen, jenes Gestirn durch Eine Stufe des Misverstands auf die spätern Mythendeuter gelangt ist, dieses durch zwei.

Nachdem ich den Grundsatz aufgestellt, daß von den bekanntesten Sternbildern ein Theil aus solchen Sterngruppen entstanden ist, die dem Betrachter wirklich einen Umriss der wesentlichen oder charakteristischen Theile von irgend einer bekannten Figur gleichsam unwillkürlich darboten; so kann ich es nun der Auffassung eines jeden überlassen, wie weit dies auf die itzt gangbaren Sternbilder anzuwenden sei; muß aber sogleich einen zweiten Grundsatz jenem zuordnen, daß nemlich allerdings, sobald die Fantasie hiedurch in die Gewohnheit gekommen war, bestimmte Gestalten in den Sterngruppen zu sehen, sie nun auch gleichsam die Festigkeit gewann, auch solche Gruppen, die sich von selbst nicht würden als bestimmte Gestalten aufgedrängt haben, gleich darauf anzusehen, um sie dergleichen anzupassen; doch immer innerhalb der Grenzen des natürlichen und wahren: so daß ich also, da ohnedas eine Scheidung zwischen diesen und jenen

(1) S. *Schol. Arat.* — *Hygin. P. 1. 1*, 13.

(2) *Strab. S. p. 593. Schol. Stat. Theb. 4*, 105.

schwer zu machen ist, keinen Anstand nehme, auch die so entstandenen Sternbilder als ursprüngliche, d. h. von der Gestaltung wirklich ausgegangene, aufzustellen.

Dafs dies mit Recht geschehe, werde ich am Herkules darthun. Ideler hat die Stellen angeführt, woraus wir sehen, dafs zwar die Deutung des Sternbildes auf den Herkules alt ist — man schrieb sie dem Epiker Panyasis zu, der sie ohne Zweifel in seine Heraklea mythisch verwebte; — dafs sie aber im Alterthum selbst, eben weil sie eine künstliche und gelehrte Deutung war, als Benennung des Gestirns nicht Fufs fafste. Man sagte immer nur der Kniende (*ὁ ἐν γόνατι, Ingeniculus, Nixus*), auch, das unbekannte Bild, wobei Aratus ausdrücklich und wiederholt anführt, dafs niemand zu sagen wisse, wer diese Gestalt sei. Es ist also bei diesem Bilde vollkommen gewifs, dafs man ursprünglich, und ohne Veranlassung von aufsen, eine gewisse menschliche Gestalt zu erkennen glaubte, und dafs auf diese erst, was man etwa daraus machte, schon von alters her, nur durch versuchte Deutung gebaut ward. Worauf gründete sich nun diese menschliche Gestalt? Ich glaube, dafs bei diesem Bilde dies nur durch Annahme eines auf Bilder schon ausgehenden Bestrebens entdeckt werden kann: dann aber auch natürlich genug. Die von alters her überlieferte Vorstellung ist, dafs diese Gestalt auf einem Knie ruhe, und den andern Fufs gerade auf den Kopf des Drachen setze. Aratus 69: μέσση δ' ἐφύπερθε καρχήνη δεξιτέρου ποδὸς ἄκρον ἔχει σκολιῶο δράκοντος (1). Diese so bestimmt ausgesprochene Vorstellung macht es mir unzweideutig, dafs man die zwei hellen Sterne des Drachenkopfs zugleich als den Fufs des Knienden dachte. Hiezu haben wir das vollkommene Gegenstück im Schlangemann, der geschildert wird als mit beiden Füfsen auf dem Skorpion stehend. Aratus 84: Ποσσὶν ἐπιθλίβει μέγα θηρίον ἀμφοτέρωσιν, Σκορπίον. Jetzt hat man diese Bilder, etwas zweckmäfsiger für die Kunst vielleicht, nicht fürs Auge, gerichtet, aber immer noch des Schlangemanns einen Fufs mitten in den Körper des Skorpions versenkt, jedoch ohne einen ihn bezeichnenden bedeutenden Stern. Nämlich der wahre Sinn des alten Astrotheten

(1) Der Widerspruch, der zwischen diesem δεξιτέρου und andern Stellen des Aratus, namentlich V. 272., herrscht, hat mir den Verdacht gegeben, dafs eine alte Verderbung die wahre Lesart überdeckt habe: μέσση δ' ἐφύπερθε καρχήνη ἀπὸ ἐτέρου ποδὸς ἄκρον ἔχει σκολιῶο δράκοντος. So ist buchstäblich die alte überlieferte Vorstellung auf der Sphäre.

ist, daß die beiden hellsten Sterne im Leibe des Skorpions, Antares und β , zugleich die beiden Füße des Schlangenmanns sind. — Eben so also sind die beiden einander näher stehenden im Kopf des Drachen der eine stehende Fuß des Knienden. Von diesem Fuß etwas seitwärts zieht sich eine fast gerade Reihe nicht sehr heller, aber eben durch diese gerade Richtung dem Auge sehr deutlicher Sterne; und von beiden aus nach Süden streckt sich eine von zwei sehr bekannten und figurirten Sterngruppen, der Leier und der Krone, eingeschlossene Stelle des Himmels, deren Sterne dritter Gröfse weniger durch ihre eigne Gruppierung als eben durch diese Begrenzung eine Form bilden, die sich mit einem dieser Sterne schräg neben dem Kopf des Schlangenmanns endigt. Diese Gestalt kommt, wenn sie kulminirt, in jenen asiatischen und griechischen Gegenden gerade in den Zenith zu stehen: und wenn man dann nach Norden gewandt sie betrachtet, so gibt sie die Figur eines Mannes, wovon jener äußerste Stern (α) der Kopf ist, dann der Drachenkopf, wie schon gesagt, den stehenden Fuß, die



benachbarte Sternreihe aber, die man bis zu δ im Bootes fortsetzen kann, den liegenden Fuß darstellt. Was aber die menschliche Figur vollendet, sind die Arme, welche Aratus so beschreibet:

ἀπ' ἀμφοτέρων δέ οἱ ὤμων
 Χεῖρες αἰείρονται· τάνυταί γε μὲν ἄλλυδις ἄλλη
 Ὅσσοι ἐς ὄργυιήν.

von jeglicher Seite der Schultern

Ragen die Händ' ihm hinaus (¹): denn hiehin streckt er und dorthin
 Weit zur Klawer sie aus.

Hievon ist auf unserer gemalten Sphäre nichts zu sehen, wohl aber in der Sterngruppe selbst: denn in dieser bieten sich dem Anblick wirklich zwei ausgebreitete Arme dar, ein etwas kürzerer nach der Leier hin, und ihm gerade gegenüber die Sternreihe, welche wir oben als einen Theil der Schlange gesehen haben und die sich hier ganz als zum Knienden gehörig präsentirt, und folglich auch wirklich dazu gehört. In der gewöhnlichen Zeichnung ist dem Bilde, um es völlig als Herkules darzustellen, in die eine Hand die Keule, in die andre ein Büschel Schlangenköpfe als Andeutung des Kerberos gegeben, und somit die wahre Vorstellung am Himmel für den, der sie nicht selbst auffindet, verdunkelt. Zu dieser Entdeckung aber gehört allerdings der heitere funkelnde Südhimmel und ein ruhiger stets den Blick dahin wendender Späher, der sich schon Kennzeichen sucht, um die Sterne seinem Gedächtnis einzuprägen.

Als zweites Beispiel dieser halb gesuchten, halb gefundenen Figuren setze ich die Zwillinge. An Kastor und Pollux ist hier bei Aratus und andern Alten nicht zu denken: noch weniger also daran, dafs aus diesem Zodiakalbilde der Mythos der Dioskuren entstanden sei: obgleich dieser unstreitig einen siderischen Ursprung hat, der heut zu Tage, da er Einmal erkannt worden, auch nicht mehr verkannt werden kann. Die wechselweise im Olymp und im Hades befindlichen Dioskuren sind der Morgen- und Abendstern. Mit den Zwillingen im Thierkreise ist dieser Mythos im geraden Widerspruch, und erst die spätern Sterndeuter, welche von Hygin u. a. angeführt werden, brachten die Namen Kastor und Pollux, aber eben so gut auch andere, auf ihre Sphäre. Dafs die zwei gleich grofsen Sterne α und β für sich hingereicht hätten, die Idee von Zwillingen hervorzubringen, glaube ich nicht: denn dazu ist der Anblick nicht auffallend genug; aber fast parallel mit jenen sind vier andre, welche unter sich von verschiedner Gröfse

(¹) Nicht empor, wie Vofs übersetzte. Ἀείρονται geht hier blofs auf das Schweben.

zwar, aber in so gerader Linie und verhältnißmäßigen Zwischenräumen stehn, dafs sie, in Verbindung mit jenen zwei, sehr erklärlich als die vier zu jenen zwei Köpfen gehörigen Füfse erscheinen, wozu denn in der Mitte ein Paar Sterne ganz malerisch Gewand und Körper andeuten: so dafs das Ganze bald nach seinem vollständigen Aufgang recht gut als zwei auf dem östlichen Horizont stehende Knaben sich betrachten läfst.



Eben so verhält sich mit dem Schwan. Das kalte Auge sieht nichts als ein großes Kreuz, einem Christuskreuz ähnlich; wozu es neuere fromme Astrotheten auch zu stempeln versucht haben, und was es unfehlbar auch in unser aller Augen sein würde, wenn unsre Sphäre in christlichen Zeiten erst belebt worden wäre. In jener ältern Zeit, wo ein so gestaltetes Kreuz keine Bedeutung hatte, kam es dem Bilder suchenden, wenn er es hoch über sich erblickte, sehr füglich als ein mit gestrecktem Halse oben durch die Lüfte schwebender Schwan entgegen. Zwar ist das lange Vorstrecken des Halses mit dem Schnabel, so dafs der Vordertheil des Leibes dadurch im Gegensatz gegen den Hintertheil bedeutender ragt, vielen Vögeln gemein; und das Sternbild heißt daher bei Aratus u. a. blofs der Vogel: zum

deutlichen Beweis, daß man bei diesen Bildern nur von der den Augen sich darbietenden Gestalt ausging: doch halte ich die bestimmtere Gestalt des Schwans hier für die natürlichste und folglich erste; was auch Eratosthenes, der diesen Namen als den gangbaren erwähnt, gestattet.

Die Sterngruppe der Kassiopea ward auch von den Griechen mit einem Trivialgegenstand, einem lakonischen Schlosse oder Schlüssel (*Arat.* 191. c. *Schol.*), den ich andern zu erklären überlasse, gleichsam beiläufig verglichen, das heißt, ohne in dieser Vergleichung ein Sternbild abzugeben; sie muß aber auch eine Ansicht zugelassen haben, unter der sie als Person erschien. Es soll nach allen alten und neuen Astrognosten eine auf einem Thron sitzende sein. Allenfalls so gestellt, könnte man das Profil einer



Königin auf dem Thron mit einigem guten Willen hinein denken. Aber ausdrücklich sagen Griechen und Römer, zur Strafe für ihren Stolz, womit

sie auch ihrer Tochter Andromeda das große Unheil zugezogen, fahre sie beim Untergehn — denn sie ging den Griechen wirklich ganz unter; uns Nordländern heute gar nicht — also sie fahre mit dem Kopf zuerst hinab. Dann muß aber der Kopf bei β sein: denn dieser Stern ist der westlichste: und wirklich wird auf der Sphäre das Bild so gelegt, daß dieser Stern in den obern Theil der sitzenden kommt; zu welcher Gestalt sich aber die Sterngruppe so mit dem schmalen Ende nach unten gar nicht bietet.



Auf einen andern Gedanken bringen mich Aratus Worte. Statt aller Personbeschreibung sagt er an der Hauptstelle 194.:

*ἡ δ' αὖτως ὀλίγων ὑποτείνεται ὤμων
Ὀργυιήν. φαίης κεν ἀνιάζειν ἐπὶ παιδί.*

sie strecket sich dort von den dürftigen Schultern
Klafternd aus. Du meinstest, sie traure wegen des Mägdleins.

Diese Art der Erwähnung scheint mir von einer alten Darstellung auszugehen, nach der diese Klafter das wesentlichste und sichtbarste war: mit der Figur auf dem Stuhle aber und überhaupt mit dem Bilde als ganze Person gedacht, man drehe das eine oder das andre Ende hinauf, will sich das gar nicht so gestalten. Irre ich nicht sehr, so muß hier wieder ein Theil den ganzen Körper andeuten oder vertreten. Wagerecht gelegt,



verglich man das Ganze mit ein Paar ausgebreiteten Armen, und dachte sich diese als die Arme einer jammernden ⁽¹⁾. Aber den artistischen Astrotheten konnte das nicht genügen. Sie ließen die alte kunstlose Vorstellung aus den Augen, und verwandelten das Paar Arme in eine sitzende ganze Figur mit solchen Armen; und Aratus betete dies nach. Nach dem Sinne der alten Sternbildner hätte man nur den Schultertheil des Leibes, ungefähr wie er einem badenden mit den Armen über dem Wasser ragt, bilden sollen. Der übrige Körper schwamm unsichtbar im Äther.

Das größte astrothetische Räthsel aber ist mir diese Vereinigung von mythischen Personen, die sich hier mit der Kassiopea nicht nur an Einer Stelle zusammengefunden haben, sondern auch einen mythischen Zusammenhang, einen Mythos bilden. Dafs das echte Alterthum nicht willkürlich und von vorn mythische Gegenstände an den Himmel versetzt hat, haben

(1) Mir fällt dabei das *Ecce homo* ein, das von der Figur des Heilandes auf ein Paar verschlungene Arme abgekürzt die Brezeln (*bracciatelli*) veranlafst hat.

wir im bisherigen hinreichend erkannt. Denn Orion ist am Himmel selbst gewachsen; und Deutungen wie Herkules, Kastor und Pollux, Kallisto als Bärin, oder Helike als Nymfe u. d. g. sind sichtbar auf die alten einfachen Ansichten weit später aufgetragen, ohne je recht Fufs zu fassen: hier dagegen sehen wir auf einem Flecke Perseus und Andromeda, Kefeus und Kassiopea, nebst dem in demselben Mythos, worin alle spielen, mit auftretenden Pegasos; ohne dafs man ältere einfachere Vorstellungen zum Grunde liegen sähe, als allein beim Pegasos, der bei den ältern blofs das Pferd heifst. Eben also weil diese Erscheinung so gegen den übrigen Himmel absticht, erkenne ich hier die poetische Absicht, die, in einem einzigen Kopf entstanden, durch irgend eine zufällige Ursache, und durch die Leichtigkeit, welche solch ein mythischer Zusammenhang dem Gedächtnis gewährt, feste Vorstellung ward, und ältere einfache, nicht zusammenhangende Bilder, mit Ausnahme der im Alterthume noch fortdauernden Benennung des Pferds, in Vergessenheit brachte. Ich unternehme es nicht, weder über den Urheber der itzigen Darstellung, noch über das was vorher war, Vermuthungen zu machen: nur über das was die erste Veranlassung zu der itzigen Vorstellung gab, habe ich einen Gedanken gefafst. Ich vermuthete nemlich, dafs diese ganze Konstellation ausgegangen ist von dem Medusenhaupt. Am ganzen Himmel ist keine so dicht funkelnde Stelle als das Medusenhaupt und die Hand des Perseus. Die Fernröhre gewähren hier einen bewundernswerthen Anblick: aber bei einem recht heitern Himmel mit reinster Ätherschwärze wird eben das auch dem unbewaffneten Auge zu theil: ja der Eindruck ist alsdann bei der Verwirrung der tausend einzel nicht zu erkennenden Sterne fast wundersamer: und namentlich der Stern Algol ist dicht umgeben mit mehren kleinern; und von da nach dem Algenib, oder der Seite des Perseus ziehen sich unzählige ganz kleine: so dafs also jener umfunkelte Hauptstern ohne Zweifel die Idee des mit Schlangenhäuptern umwimmelten Antlitzes erweckte; die vier ungefehr in einer Linie unter einander stehenden dahinter aber der Fantasie nun leicht einen Mann darstellten, der das Ungethüm vor sich hielt.



Ich bin daher nicht der Meinung mit Beigel bei Ideler S. 88., daß die orientalischen Namen dieses Sterns *Algol* oder *Ras el gul*, Teufel, Teufelskopf, bei den Arabern, und *Lilith*, Gespenst, bei den Juden, aus der griechischen Sage entstanden seien; sondern suche in einer uralten Vorstellung des Morgenlandes, das in diesem Gestirn einen Dämon oder ein Scheusal sah, die gemeinschaftliche Quelle von allem. Im Morgenlande zuverlässig ist, wie soviel anderer finsterner Aberglaube, auch die Vorstellung von diesem Furchtbilde zu Hause; zu dem Griechen kam dorthier sein Medusenhaupt; und wahrscheinlich ging alles von diesem gestirnten Haupte aus; für die Anreihung aber des übrigen Mythenwerks brauchen wir nun nicht zu sorgen. Wir haben nun schon gesehen, daß das Bedürfnis Figuren zu finden der Fantasie entgegen kam. Stand nur erst Perseus mit dem Medusenhaupt wirklich sichtbar da, so fügten sich mehr benachbarte Stern-

gruppen, die man nun auch zu menschlichen Gestalten schuf, durch geringen Aufwand in Personen des alten Mythos, dessen eine Hauptperson Perseus, die andre Andromeda ist: die jammernden Arme wurden zur Mutter des Mägdleins; und eine andre von drei Sternen dritter Gröfse, ward durch eine kleine Gruppe von fünf Sternen vierter am Ende, die sich als eine Tiara betrachten liefsen, zum König und Vater gestempelt.

Bei diesen Andeutungen könnten wir uns beruhigen: besonders da ich wenigstens es keinesweges unternehme, von jedem Bilde die Art wie es sich in der darauf ausgehenden Fantasie gestaltet hat, nachzuweisen. Aber eine andre Bemerkung bietet sich dar. Dieser Fleck am Himmel, der der einzige wirklich mythologische, das heifst, mit der übrigen irdischen Mythologie im Zusammenhang stehende ist, dieser ist eingenommen von einem un-griechischen, von einem morgenländischen Mythos. Perseus zwar steht an der Spitze einer griechischen Genealogie; aber einer aus dem Orient bekanntlich hergeleiteten: und sein dämonisches Wesen, sein ganzer Mythos, seine Thaten aufser Europa sprechen ihn der altasiatischen Mythologie zu. (S. m. Abh. über die mythischen Verbindungen von Europa und Asien. S. 228 und 235.). Die mit ihm in seinem vor uns liegenden Haupt-Mythos verbundenen Personen aber, Kefeus, Kassiepea, Andromeda, sind morgenländische, von welchen die griechische Sage selbst nicht wufste, ob sie sie an die Äthiopische oder an die Phönikische Seeküste setzen sollte. Die einseitigen Ansichten von griechischer Originalität, wo alles auf griechischem Boden selbst seine Anfänge haben sollte, haben sich wol wieder ein wenig verloren, und man wird hoffentlich kein Bedenken mehr tragen, einen grofsen Theil der Mythen aus dem Orient zu holen, jene Originalität aber nur von dem Punkt anfangen, wo das aus den rückwärts liegenden Regionen gekommene mit griechischer Kultur und Poesie sich vermählte. Namentlich jenen Mythen, die im Auslande und unter Personen fremder Völker spielen, wer wird diesen nicht selbst lieber glauben wollen und eben dort auch ihre ersten Quellen suchen. So also auch die Geschichte von der einem Seethier ausgesetzten Königstochter, die sich an der troischen Küste, in der Hesione, wiederholt, ist ein asiatisches Gebild. Denn dafs die Helden, welche die eine und die andre befreien, zu der griechischen Heroenwelt gehören, und dafs die Befreiten nun Mütter von Griechen werden, ist der bekannte Weg aller Mythologie. Also man zweifle nicht, der

Mythos von Perseus, Andromeda, Kefeus und Kassiopea ist ein aus Asien herüber gekommener, und mit ihm kamen zuverlässig auch jene Gebilde am Himmel. Davon ist das ein deutliches Zeichen, daß kein Name aus der so reichen griechischen Nationalsage am Himmel ordentlich Fuß gefaßt hat, während jene vier die, mit Ausnahme des Perseus, ganz thatenleer in der Mythologie sind, schon in altem Besitz sind. Nämlich, ich wiederhole es, auch den ganzen gemalten Himmel haben die Griechen aus dem Orient bekommen. Denn die Bebilderung und Benennung der Gestirne ist ein vor aller eigentlichen Kultur vorausgehendes Bedürfnis. In Aegypten und in Persien, in Phönikien und in Assyrien, in Phrygien und in Lydien, von welchen Ländern her so vieles zu den Griechen kam, war auch schon im wesentlichen dieses Sternbildersystem; und mit dem Bären und dem Löwen waren auch Perseus und Kassiopea den Griechen überliefert, welche nun erst sie sich zu eigen machten.

Ich thue aber nun noch einen Schritt weiter, und setze die erste Quelle dieses asiatischen Mythos an den Himmel. Denn so unvernünftiger Mißbrauch mit dieser Art, das Alterthum zu beleuchten, auch geschehen ist, indem man alle Mythen und alle Religion aus den Sternbildern herholte, so halte ich doch soviel für gewiß, daß wenn ein Bild wirklich zugleich in den Gestirnen und in den Mythen ist, die Gestirne sein Ursprung sind. Denn die alte Welt versetzte nicht unter die Sterne, sondern sie sah darin, und besprach dann was sie sah: und so kam es als Mythos auf die Erde. Den vorliegenden in diesem Sinne ganz durchzuführen unternehme ich nicht: aber das ist mir höchst wahrscheinlich, daß die Fantasie, welche einen Mann mit vorgehaltne[m] Schreckbild hier erblickte, auch eine gefesselte Jungfrau sich schuf: woraus dann die in die Fabelsage gekommene Scene entstand. Wenigstens nennt die griechisch-arabische Astrognosie des Kazwini, so wie die Kassiopea die Thronende, so auch die Andromeda statt dieses ihres Namens die Angefesselte; und Aratus, der sonst nicht viel beschreibende Worte macht, sagt hier ausdrücklich: *Δεσμὰ δὲ οἱ κείται καὶ ἐν οὐρανῷ* „Fesselnde Band' auch am Himmel umschlingen sie.“ Man s. Idlers Angabe über diese Sternketten S. 124.: denke sich aber immer dabei einen schwarzheitern Himmel, und die helle Fantasie jener Völker.

Ich wende mich nun abermals zum *Orion*, um diese einzige siderische Person, die aufser den eben behandelten noch einen wirklich

alten Mythos hat, vollständiger zu erörtern. Doch dieser Mythos selbst wird uns hiezu wenig Stoff geben, als nur dafs er uns darauf aufmerksam machen wird, wie er offenbar weder aus den Mythen an den Himmel versetzt ist, noch auch vom Himmel aus in irgend eine weitere mythische oder ethnographische Notiz eingreift. Alle Variationen seiner Fabel drehen sich blofs um das was man am Himmel sieht, einen Riesen, einen gewaltigen Jäger, der alle wilde Thiere entweder auf der ganzen Erde, oder doch auf der Insel Chios zu vertilgen unternommen habe; einen rohen Menschen, der einer Königstochter, oder gar der Artemis selbst hat Gewalt anthun wollen, und den endlich diese aus dem Wege geräumt, indem sie einen ungeheuern Skorpion über ihn geschickt; ein einfaches Fäbelchen zur Einprägung der Notiz, dafs wenn Orion untergeht, der Skorpion aufgeht.

Unter solchen Umständen ist die Frage, woher er den Namen Orion habe, kein überflüssiger. Denn wenn diese mythische Person am Himmel entstanden ist, so kann sein Name kein anderartiger sein als die Namen Ἠνίοχος, Βωώτης u. s. w. sind, nehmlich ein Appellativ. Zwar beim Perseus und seinen Gefährten haben wir uns hierbei nicht aufgehalten: aber dort konnte und wollte ich keine so bestimmte Meinung aussprechen, und selbst im bestimmtesten Falle mußte der Umstand, dafs wir einen ungriechischen Mythos, asiatische Ideen und Superstitionen zu erkennen glaubten, den etymologischen Untersuchungen allerlei Hemmungen in den Weg legen. Wiewohl auch die Vorstellung und Benennung des Orion niemand einfallen wird in die jüngern Zeiten herabzurücken, wo wir uns die Griechen schon als das eigenthümliche Volk des Namens denken; daher ich denn auch hierin meine Rechtfertigung suche, wenn ich für diesen Namen aus den engeren Schranken gangbarer griechischer Sprache etwas heraustrete. Der Vorstellung eines gewapneten Mannes, die wir als die natürlichste von diesem Sternbild anerkannt haben, entspricht ohne Zweifel auch der Name Ὠρίων. Nehmlich diese gewöhnliche Form ist eine Zusammenziehung aus einer ältern, Ὠρίων, deren sich Pindar (*Isthm.* 4, 83.) und Kallimachus (*Dian.* 265.) bedienen, und die selbst wieder bei ihnen aus Ὠρίων dem Metrum angepaßt ist ⁽¹⁾.

(1) Dieses Ὠρίων selbst ist itzt zwar nicht nachzuweisen als aus *Athen.* 11. p. 491. wo eine andre Stelle Pindars, *Nem.* 2, 16., so angeführt wird, deren gewöhnliche Lesart bei Pindar selbst Ὠρίωνε ist. Böckh hat dort aus zwei Handschriften und mit Vergleichung

Der Kenner der griechischen Sprache wird aber in diesem O sogleich eine Modifikation des alten Digamma erkennen, folglich Ὀαρίων als Ἀρίων ansehen, und eine Ableitung dieses Namens von Ἄρης natürlich finden. Doch muß ich mehres hieher gehörige genauer belegen. Was insbesondere das Übergehen des Lautes *w* oder *v* in einen der benachbarten Vokale betrifft, so wie es aus dem lateinischen *u*, und aus der spätern griechischen Schreibung lateinischer Namen, wie *Valerius*, *Veturia*, Οὐαλέριος, Οὐετουρία, bekannt ist; so waren im altgriechischen die Vokale *υ* und *ο* von gleichem Gebrauch. Dies erhellet für *υ* aus dem Pflanzennamen ὑάκινθος *vaccinium*, dem Stadtnamen Ἰέλη *Velia*, und dem Worte υἶος, dessen alte Form FIOΣ sich im lateinischen *filius* beurkundet: für *ο* aber durch den Namen Ὀϊλέως, dessen andre Form Ἰλέως war mit dem Digamma, und der auch wieder in Οἰλέως eben so wie Ὀαρίων in Ὀρίων zusammengezogen ward (¹); ferner durch den Namen der kretischen Stadt Ὀαξος, welche auch Ἄξος, auf den Monumenten aber deutlich FAΞOΣ geschrieben ist (²). Dafs aber Ἄρης das Digamma gehabt hätte, ist zwar aus Homer nicht bekannt, aber dort hatten auch andre Wortstämme z. B. αἰρεῖν, ἐλεῖν, ἀλλετταῖ in diesen ihren geläufigsten Formen das Digamma nicht mehr, während es sich kund that in ἀποιρεῖτταῖ, in ἔλωρ, in ἄλωα. So wie nun die Vergleichung andrer europäischer Sprachen bei vielen griechischen Wörtern eine Übereinstimmung im Digamma nachweist,

der andern pindarischen Stelle in der kleinen Ausgabe itzt Ὀαρίωνα aufgenommen, so jedoch, dafs des Metri wegen die zwei ersten Vokale dennoch in eins gelesen werden müssen. Ich vermuthe daher, dafs dort die wahre Schreibart wirklich ist Ὀαρίωνα. Wie denn auch Eustathius *ad Il. v.* p. 903. die homerische Zusammenziehung Ὀαξος Ὀξος damit belegt; freilich er dies blofs aus des Athenäus Anführung der pindarischen Stelle nehmend. s. Schweigh.

(¹) S. *Hermann. de Em. Graec. Gramm.* p. 41. s. Dieser Name Ἰελεως hatte eine in der Sage irgendwie begründete gleiche Ableitung mit Ἰλιος, das ebenfalls digammirt war. Zwar wird der Name des Helden in einem Fragm. des Hesiodus (s. *Elym. Gud. v. Ἰελεως, Ruhnk. Ep. Cr. I.* 105.) von Ἰερος abgeleitet, indem Apoll ihm denselben gegeben habe, als er an dem Tage, da er mit Poseidon die Mauern von Troja gebaut, eine Nymfe willfährig (Ἰερον) gefunden. Aber man sieht schon aus der Erwähnung von Troja, dafs der älteste Mythos den Namen von Ἰλιος abgeleitet wissen wollte, wohin auch das Digamma führt.

(²) S. *Steph. Byz. v. Ἄξος et Ὀαξος* und dort die Noten. Mit der gewöhnlichen Form des Digamma erscheint der Name dieser Stadt auf Münzen, woraus erhellet, dafs was Chishull (*Ant. As.* p. 125.) auf dem bekannten Steine für ein Σ las, ebenfalls das Digamma ist; s. *Eckhel D. N. II.* p. 305.

wie in *videre*, wissen, εἶδω; Werk, ἔργον; *vesper*, ἑσπέρα; *vinum*, Wein, οἶνος; *viginti*, εἴκοσι; weichen, εἴκειν: so erhellet derselbe Hauch für Ἄρης, wenn man besonders die verwandten Wörter ἀρετή, ἀρῆν, *arma* dazu zieht, aus der Vergleichung mit

war (engl.), Wehr, wehren, *vir*, *virtus*

vollkommen (¹). Man erlaube mir nun eine, wenn auch zufällige, Übereinstimmung in Formation und Endung zu Hülfe zu nehmen, um, als auf eine merkwürdige Übereinstimmung zwischen Wörtern entferntester Zeiten und Orte, das Ohr aufmerksam zu machen auf die zwischen dem englischen *warrior* und unserm himmlischen Krieger Ὀαρίων.

Unser etymologisches Verfahren mit dem Namen Orion kann nur Bestätigung finden in der Wandelbarkeit des Anfangbuchstabens, die wir noch erörtern wollen, weil dadurch auch noch andre merkwürdige Notizen über das Sternbild zur Sprache kommen. Die alten Mythographen, nicht die Grammatiker, hatten eine sehr seltsame Fabel mit eben so seltsamer Etymologie für dasselbe, die man am besten aber freilich auch ganz unumwunden liest in der aus Euphorion geschöpften Erzählung beim Scholiasten zu *Il. σ*, 486. und bei Paläphatus Kap. 5.: während Ovid (*Fast.* 5, 531.) sie auf seine Art ausgeführt und mit scheinbarer Schonung des Anstands vorträgt. Zu dem Hyrieus, einem sehr gastfreien Mann in Tanagra in Böotien, kamen einst Zeus, Poseidon und Hermes in Menschengestalt, und wurden gastlich aufgenommen und bewirtet. Nachdem sie sich zu erkennen gegeben, heissen sie ihn eine Bitte thun; und der kinderlose bittet um einen Sohn. Die Götter befruchten hierauf die Haut des geschlachteten Stiers, und heissen ihn diese vergraben; worauf nach zehn Monden ein Sohn aus derselben entstand, welcher von dieser Handlung der Götter und einer unedeln aber alten Benennung derselben, nemlich von οὐρεῖν, den Namen Οὐρίων bekam, späterhin aber durch einen Euphemismus Ὀρίων genannt ward. Dafs wir hier den Hauptzügen nach den hebräischen Mythos des Abraham vor uns haben, ist einleuchtend; nur dafs die Entwicklung

(¹) Selbst *Mars* und *mas*, *maris* treten deutlich zu Ἄρης und ἀρῆν: denn das *m* ist ja ein Stellvertreter des *w*, oder umgekehrt, auch in *Mulciber Vulcanus*, mir provincial für *wir*, meinen verglichen mit wähenen, Minne verglichen mit *Ven*, *Winnesjäfte* (Freund, Freundschaft), und gewifs wol auch mit *Venus*.

dort auf eine der Gottheit würdigere Art ausgeführt ist (1). Über einen besondern Zusammenhang dieses Mythos mit dem Sternbild werde ich gleich noch einiges bemerken, und bleibe hier nur bei der Etymologie stehen, welche sie darbietet. Gesuchte Ableitungen enthalten zwar die alten Mythen in Menge: aber immer gibt entweder der Laut oder die Sache eine nahe liegende Veranlassung zu solchem Zwang. Der Laut Ὠρίων hätte keinen Menschen zu jenem Einfall veranlassen können. Wenn aber das Sternbild auch den Namen Οὐρίων, verkürzt aus Οὐαρίων, wirklich trug, so war die Etymologie fertig. Auch tragen die Mythographen die Geschichte so vor, daß sich auf das wirkliche Dasein der Aussprache *Urion* schließen läßt (2): und den alten Deutlern im Volke, die nichts verschmähten, war der Name *Urion* mit dieser Ableitung willkommen, um auch die Regengüsse, welche dies Gestirn brachte, hineinzubringen (3).

Sehr wahrscheinlich wird es mir ferner, daß auch der Name Ὠριεύς, den Orions Vater führet, eigentlich der Name des Orion selbst ist. Daß Ὠριεύς aus Φαριεύς, Ὠριεύς geworden, dafür spricht in Verbindung mit den schon angeführten ὕακινθος, ἔλκη, noch ganz besonders die Vergleichung der Wörter ὕδωρ und ἔλκη mit *water* und *Wald*. Merkwürdig ist daher die Variante Ὠριεύς, welche sich findet in den Handschriften und Ausgaben von *Schol. Nicand. Ther.* 15. s. Schneider; und *Tzetz. ad Lycophr.* 328. s. Müller: daher Eudocia (unter Ὠριεύς und Ὠρίων) bloß jene Namensform für Orions Vater in viermaliger Wiederholung hat. Ich vermuthe daher, daß dies eine Variante ist, nicht sowol in den Büchern als in der Fabel

(1) Daß Fourmont die Ableitung dieses griechischen Mythos aus phöniciſchen Quellen, und durch diese aus der heil. Schrift darzuthun gesucht hat in einer Abhandlung (*Ac. des Inscr.* Tom. XIV. p. 16.), die das *non plus ultra* etymologischer Unvernunft ist, wird hoffentlich der Anerkennung des Wahren keinen Eintrag thun. — Dagegen mache ich aufmerksam darauf, daß in derselben Gegend Griechenlands, in Orchomenos, ein andrer abrahamischer Mythos, der von Isaaks Opfer, in der Person des Athamas und des Phryxos einheimisch geworden. S. m. Abh. von den Minyā (1820. S. 204).

(2) Als Euphemismus haben wir den gewöhnlichen Namen eben vorgetragen gesehen: nach Hygin (*P. A.* 2, 34.) ward der von Hyriens dem Sohn gegebne Namen *Urion*, *vetustate et consuetudine* in *Orion* verwandelt; Servius aber schreibt es dem dorischen Dialekt zu. Es muß aber bei ihm gelesen werden: *ut ου diphthongus in ω* — nicht ο — *verteretur*.

(3) Die Euphorionische Erzählung schon thut dies: οὕτως ὀνομασθεὶς διὰ τὸ οὐρήσαι ὕπερ τοῦς θεοῦς. *Isidor. Orig.* 3, 70. *dictus Orion ab urina, id est ab inundatione aquarum.*

selbst; und verbinde damit den merkwürdigen Umstand, daß bei Servius und beim Scholiasten des Statius der Vater des Orion geradezu selbst Orion genannt wird, und zwar wiederholt, wiewol zum Theil in einer Verderbung, die aber von der Form Hyrieus keine Spur mehr enthält ⁽¹⁾. Es scheint mir gewagt zu sein, dies alles als Verderbung aus Verderbung ohne weiters zu beseitigen. Zu diesen Spuren der ursprünglichen Einerleiheit zwischen Hyrieus und Orion tritt nun noch der Umstand, daß Hyrieus ein Sohn des Poseidon und der Plejade Alkyone ist; theils wegen dieser für einen Stern-Heros so natürlichen Genealogie, theils weil von andern Orion selbst ein Sohn des Poseidon genannt wird ⁽²⁾. Für sich allein betrachtet ist Hyrieus ein böotischer Heros, dessen Name von der Stadt Hyria nicht getrennt werden darf ⁽³⁾. Aber eben darum ist es auffallend, daß die Geburt des Orion, dieses vornehmsten aller siderischen Heroen, gerade mit dem Namen eines solchen in Verbindung gesetzt worden ist, der, wie jeder nach einer Stadt benannte, nur die leere Personifikation solcher Stadt ist. Ich vermuthe, daß jener uralte morgenländische Mythos mit schwankender Namensform des Haupthelden Orion, Orius, Urion, Hyrieus in der böotischen Landessage sich zum Theil dahin befestigte, daß man den Namen, wie so oft geschehen ist, in zwei Personen spaltete, und durch die eine neue Namensform veranlaßt ward, den Mythos auf eine Stadt zu beziehen, deren Namen denselben Stammlaut hatte, Hyria zwischen Tanagra und Aulis; woselbst auch wol die mythische Schatzkammer zu suchen ist, welche von Trofonios und Hekamedes diesem Hyrieus erbaut worden.

⁽¹⁾ *Serv. ad Aen.* 1, 539. *Orion rex, cum filios non haberet, a Jove, Neptuno et Mercurio — petit ut sibi liberos darent etc. — quo facto inventus est puer, cui nomen ab urina impositum ut οὐρίωνν diceretur etc. ad 10, 763. Orion, ut etiam in primo diximus, Oenopionis filius regis fuit, ei concessus ab Jove etc. Hic venator immensi corporis fuit, qui quodam tempore susceptus a rege Oenopione cum vellet ejus filiam vitare etc.* Es ist sonnenklar, daß hier das erstemal *Oenopionis* verdorben ist aus *Orionis*: und wenn es beim Scholiasten des Statius 3, 27. heißt: *Jupiter et Neptunus cum ad Oenopionem regem in hospitium venissent*, — so steht in der Handschrift ausdrücklich *Orionem*: s. *Munck. ad Hygin. fab.* 195. Gewiß ist also, daß in den Quellen dieser Scholiasten Orion ein Sohn des Orion genannt war.

⁽²⁾ Hesiodus bei *Hygin. P. A.* 2, 34. Pherecydes bei *Apollodor* 1, 4, 3.

⁽³⁾ *Strab.* 9, p. 620.

Endlich mit gänzlich abgeworfenem Digamma, und also mit der gangbaren Form des Stammes, Ἄρης, übereinkommend, Ἀρίων, ist ebenfalls eine sehr bekannte Namensform, die auch, wenn andre mythische Wesen sie führen, namentlich das bekannte kriegerische Pferd, schon durch die bloße Analogie unsere Ableitung des Namens Orion begünstigt. Aber bey Hygin (*fab.* 194.) und beim Scholiasten des Germanikus hat sich auch die Sage erhalten, daß der bekannte Sängler Arion (welchen der angezogene Scholiast nicht bloß Einmal, sondern durch die ganze lange Erzählung Orion nennet), zusamt dem Delfin der ihn rettete unter die Sterne versetzt worden; eine Nachricht, welche nur eine andre Deutung des Sternbildes Orion enthält, und also vermuthen läßt, daß dessen Name auch Arion gesprochen worden.

Eine sehr merkwürdige Bestätigung aber des hier vorgetragnen liegt in einer Notiz bei Lykophron und dessen Scholiasten. Nämlich der Dichter hat V. 938 und 1410. für Ares einen alten seltenen Namen, Κανδαῖος oder Κανδαῖος: und V. 328., wo die Opferungen der Polyxena und der Ifigeneia (beide noch zukünftig) unter einander verglichen werden, heißt es von dem, der die Ifigeneia tödten werde:

Ῥαίσει τριπάρτου φασγάνῳ Κανδαίου.

Wozu in den Scholien erst ein verwirrtes und widersprechendes Gemenge steht (s. die Varianten bei Potter p. 40. und bei Müller p. 538.), dann aber zu 328. ausdrücklich gesagt ist: Τριπάρτου. Ἐπὶ μὲν Ὀρίωνος, ἂν καὶ Κανδαίωνα Βοιωτοὶ καλεῦσιν: hierauf die Fabel von Hyrieus und den drei Göttern, mit dem Zusatz: ἔθεν καὶ τρίπατρον αὐτὸν καλεῖ. τὸ δὲ Ὀρίωνος ξίφος ὁ Διομήδης εἴχεν: denn Diomedes ist vorher als der Opferer genannt. Hiegegen kann der Theil des Scholien-Gemenges, welcher auch den Namen Κανδαίων hier durch den Ares erklärt, nicht aufkommen. Denn erstlich hat die Erklärung von τριπάρτου durch den Orion vollkommene Evidenz⁽¹⁾; dann wäre gar nicht zu begreifen, wie man auf den Orion in der Erklärung hätte kommen können, wenn nicht eine Notiz von dem in Böotien vorkommenden Namen Kandaon für Orion vorhanden gewesen wäre. Endlich hat auch die Angabe, daß Ifigeneia mit Orions Schwert getödtet worden, sehr guten innern Zusammenhang, da das Opfer in Aulis, also im alten Gebiet

(1) Zum Überflus gibt auch Nonnus *lib.* 13. dem Orion das Epithet τριπάρτου.

des Hyrius, geschah, wo eine Volkssage, oder auch eine Dichter-Erfindung zur Ausschmückung dieses Mythos, von dem unter den Opfergeräthschaften erhaltenen Schwert Orions sehr natürlich war. Und so geben also die Namen *Kavδαῖος* oder *Kavδαῖος* für den Ares, und *Kavδαίωv* für den Orion gleichsam einen parallelen Beleg für den etymologischen Zusammenhang der Namen *Ἄρης* und *Ὠρίωv* (1).

Wenn ich den Mythos von Orions Entstehung mit der Gestalt des Sternbilds vergleiche, so ergibt sich mir noch eine andre alte Vorstellung von diesem, die durch die gewöhnliche verdrängt worden ist. Bei Hygin *fab.* 195. heist in der obigen Erzählung von Orions Erzeugung der sogenannte Vater desselben Byrseus. Wie man gewohnt ist, die Namen in Hygins Werke entstellt zu sehen, wird es gewifs niemand bedenklich gefunden haben, die fast einstimmig von den Erklärern vorgeschlagene Besserung Hyrius anzunehmen. Aber es kommt hinzu, dafs in Hygins Erzählung dieser Byrseus König von Thrakien genannt wird, da Hyrius ein Böötier war. Erwäge ich nun ferner, dafs nach diesem Mythos Orion aus einer Ochsenhaut entstanden ist, und dafs diese in der griechischen Abfassung desselben *Βύρσα* genannt ist; so kann ich vor der Beziehung, die sich hier darbietet, die Augen nicht verschliessen. Gewifs ist es dem Geiste der alten Mythologie ganz angemessen, dafs ein Theil der Erzähler aus diesem Worte dem Vater einen Namen bildete; besonders wenn diese Byrsa noch auf eine andre Art in der Einbildung jener Alten lebte (2). Kurz ich sehe vor meinen Augen, dafs man sich jene grofse Sterngruppe auch unter der etwas rohen Vorstellung einer ausgespannten Ochsenhaut dachte. Die vier grofsen Sterne an den vier Ecken bilden die vier Extremitäten einer solchen, und über den beiden obersten ist in der Mitte eine durch einige kleinere Sterne ausgezeichnete Stelle für den Hals der Haut. In der Mitte wird sie schmärer und — hier tritt nun jener abenteuerlich gestaltete Mythos hinzu — die drei grofsen Sterne in der Mitte sind die Spur der Befruchtung von den

(1) Wer alles aus Aegypten holet, den wird freilich die Angabe bei Plutareh *de Is. et Os.* p. 357., dafs Orion von den Aegyptern für die Seele des Orus gehalten werde, besser ansprechen. Aber spätere ägyptisch-griechische Träumereien, wie sie jenes Buch enthält, sind von echt-alter ägyptischer Theologie zu unterscheiden.

(2) Dafs noch sonst etwas unter dieser *Βύρσα* verborgen liege, ahnete schon Valekenær in seiner *Diss. de Byrsa Carthaginiensium* p. 8.

drei Göttern. Nun wird es allerdings begreiflicher, wie diese Mythen vermischt und der auf ganz andrem Wege entstandene Name *Urion* oder *Orion* gerade so gedeutet werden konnte. Die ästhetische bessere Vorstellung eines riesenhaften Mannes behielt natürlich die Oberhand, die andre blieb in der Mythologie. Doch scheint mir auch auf der Sphäre noch ein Überrest davon geblieben zu sein, in der Thierhaut, *δορία*, welche nach dem Ptolemäischen Verzeichnis *Orion* statt Schildes in der linken Hand hält. Es ist unmöglich, die einzelnen Verwirrungen, welche aus der Vermischung der Mythen schon im höchsten Alterthum entstanden, alle zu entwirren: doch wird es mir, wenn ich alles obige vergleiche, nicht unwahrscheinlich, dafs als mit der Fabel jenes Götterbesuchs und der Thierhaut, die von *Orion* als astronomische Person sich vereinigte, dieser in einigen Vorstellungen die aus der Ochsenhaut erzeugte Frucht, in andern der Besitzer derselben oder der sogenannte Vater ward. Als aber auch diese beiden Vorstellungen vereinigt wurden, war es freilich sehr natürlich, dafs man die eine Form des Namens, *Orius* oder *Hyrius*, dem Vater, die andre, *Orion*, dem Sohne zueignete; da es denn aber bei der grofsen Mannigfaltigkeit der Erzählungen nicht fehlen konnte, dafs in einigen derselben auch die Form *Orion*, für den Vater, vielleicht ohne Nennung des Sohnes, sich erhielt, die dann (wie wir in den oben erwähnten lateinischen Scholiasten gesehen haben) von spätern Grammatikern noch ungeschickter vereinigt ward.

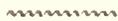


Vergleichende Zergliederung des Sanskrits und der mit ihm verwandten Sprachen.

Dritte Abhandlung.

Über das Demonstrativum und den Ursprung der Casuszeichen.

Von
H^{rn.} B O P P.



[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 14. April 1825.]

In allen Sprachen des Sanskritischen Stammes gibt es mehrere adjektive Pronomina der dritten Person. Das wichtigste darunter für die Sprachvergleichung ist dasjenige, welches im Griechischen und Deutschen die Stelle des Artikels vertritt, und, mit Ausnahme des Persischen, in allen mit dem Sanskrit verwandten Sprachen sich erhalten hat, mehr oder weniger umgeändert oder der Form getreu, welche die Vergleichung als die älteste oder ursprüngliche ausweist. Sein Stamm lautet im Sanskrit *ta*, und ist also blos durch den Vocal von dem Stamme der zweiten Person unterschieden. Ein Artikel ist in der alten Sprache der Indier nicht gebräuchlich, und der Stamm *ta* hat die Bedeutungen *er*, *dieser* und *jener*, wird sowohl substantivisch als adjektivisch gebraucht und steht häufig energisch, zu lebendigerer Personifizierung des durch ein Substantiv bezeichneten Gegenstandes, nach Art des Griechischen Artikels bei Homer; auch kommt er, wie schon anderswo bemerkt worden, wie *ὁδε* und *ὅγε* in Construction mit den beiden ersten Personen vor (¹). Im Femininum verlängert sich der kurze Vocal, weil überhaupt das Femininum die langen volltönenden und wohlklingenden Vocale liebt; aus *ta* wird *tá*, wie im Griechischen aus *TO*, *TH* oder das Dorische *TA*.

Was nun die Deklination dieses Pronominal-Stammes anbelangt, so scheint es mir von besonderer Wichtigkeit, daß im Singular-Nominativ,

(¹) S. Anm. 4. zu *des Bramahnen Wehklage*.

mit Ausnahme des Neutrums, das wurzelhafte *t* in *s* übergeht, also *sas* er, *sā* sie. Sehr alt muß diese Veränderung seyn, und über die Periode der Sprachspaltung hinausreichend, somit ein Eigenthum der Asiatischen Stammsprache, bevor sich von ihr Zweige nach entfernten Weltgegenden verbreiteten; denn es findet sich dieselbe und eine ähnliche Verwandlung in zwei der verwandten Europäischen Sprachen, die weiter nichts anders als einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt mit einander gemein haben; ich meine das Gothische, den ältesten Zweig des Germanischen Stammes, und das Griechische. Im Gothischen lautet der Stamm des demonstrativen Pronomens *tha*, dessen *a* im Femininum in ein langes *o* (*ó*) übergeht, welches hier, wie in vielen anderen Fällen, dem Sanskritischen langen *a* und dem Griechischen η entspricht; und der Singular-Nominativ der beiden Geschlechter verändert *th* in *s*, daher *sa* der, *só* die. Ich kann nicht glauben, daß diese Nominative der schwachen Deklination angehören, während alle übrigen Casus zur starken sich bekennen. Es würde nämlich dieses soviel sagen, als daß jenen Nominativen die Stammformen *san* und *són* zum Grunde lägen, woraus durch Abwerfung des *n*, *sa* und *só* entstanden seyen, wie im Lateinischen *sermo* aus *sermon*, im Sanskrit *s'armá* aus *s'arman*. Zu Gunsten der hier bestrittenen Ansicht spricht freilich der Umstand, daß außer dem Pronomen *sa* im Gothischen kein männlicher Singular-Nominativ auf *a* vorkommt, der nicht durch Abwerfung eines zur Grundform gehörigen *n* entstanden sey. Allein man vergleiche *sa* mit dem Griechischen $\acute{\omicron}$; beide stimmen darin überein, daß sie das Nominativzeichen *s* entbehren. Die Ursache dieser Erscheinung und ihren auffallenden Zusammenhang mit dem Sanskrit werden wir in der Folge zu entwickeln suchen; für jetzt wollen wir nur darauf aufmerksam machen, daß $\acute{\omicron}$ im Griechischen eben so isolirt dasteht als *sa* im Gothischen, da es der einzige männliche Singular-Nominativ von einer Grundform auf *o* ist, dem das nominative Σ mangelt, und diese Verzichtleistung auf das Nominativzeichen muß bei dem Griechischen Artikel um so auffallender scheinen, als es eine so große Anzahl von Grundformen auf *o* gibt, welche sämmtlich dem Singular-Nominativ Masc. ein Σ einräumen, und diese mächtige Analogie, sollte man glauben, hätte dem Griechischen Artikel, im Nominativ, ein Σ aufdringen müssen, wenn er es nicht von Anfang gehabt hätte. Es mußte also irgend einen von Griechen und Gothen gleich lebhaft gefühlten Grund geben, weshalb der Artikel der Annahme

des in beiden Sprachen gleich allgemeinen Nominativ-Charakters widerstrebe, welcher im Sanskrit, wie in den meisten verwandten Sprachen, ein *s* oder ein aus *s* entstandenes *r* ist.

Im Gothischen gibt es aufser dem Demonstrativ-Stamme *tha* und dem Interrogativ-Stamme *hwa* keine Masculina mit schließendem *a* in der Grundform (¹). Beide entsprechen Sanskritischen Pronominalstämmen mit gleichem Ausgang: *ta* und *ka*; beide Gothische Formen zeigen im Femininum ein langes *o* an der Stelle des langen *a*, wodurch sich im Sanskrit das Femininum von der Grundform des Masculinums und Neutrums unterscheidet; es verhält sich also *thó*, *só* und *hwó* zu *tá* (त) *sá* (स) und *ká* (क) wie das Griechische *δίδομι* zu dem Sanskritischen gleichbedeutenden *dadámi*. So wie nun der Vocal *a* im Gothischen als Endbuchstabe männlicher Nominative auf diese beiden Pronomina beschränkt ist, so ist auch *ó* als Endbuchstabe weiblicher Grundformen, was den Nominativ Sing. anbelangt, nur an diesen beiden Pronomina sichtbar. Wenn aber ein Zusammenhang statt findet zwischen dem *ó* von *só* die, diese, und dem von *dauró* die Thüre, von der Grundform *daurón*, so besteht derselbe, meiner Überzeugung nach, in nichts anderem als in der Vorliebe der Gothischen Femininen für den Vocal *ó*. Von dieser Neigung zu dem volltönenden *ó* kommt es, daß bei Wörtern von schwacher Deklinationsform den männlichen Wortstämmen auf *an* weibliche auf *ón* gegenüberstehen, und daß bei Femininen starker Deklinationsform im Verhältniß zum Masc. und Neutr. das *ó* in den Casus-Endungen überwiegend ist.

Zu beachten ist noch, daß zwei andere Germanische Mundarten, das Alt-Nordische und Angelsächsische, in welchen beim Demonstrativum das Gefühl des Gegensatzes zwischen dem Singular-Nominativ einerseits, und den sämmtlichen obliquen Casus andererseits, lebendig und stark geblieben ist, und welche daher noch im Einklange mit dem Sanskrit den radikalen

(¹) Vermöge einer Entdeckung, die ich erst seit der Abfassung dieser Abhandlung gemacht habe, ist das hier Gesagte so zu verstehen, daß die genannten Pronomina die einzigen Stämme auf *a* sind, welche diesen Vocal im Singular-Nominativ bewahren, was sie wahrscheinlich ihrer Einsylbigkeit verdanken. Aufserdem enden aber die Stämme aller männlichen und neutralen Substantive und Adjektive der ersten Deklination auf *a*, weleches aber im Nominativ Sing., und bei Substantiven auch im Accusativ, unterdrückt wird, wie ich anderwärts glaube bewiesen zu haben (Berliner Jahrb. 1827. S. 730 u. s. w.).

t-Laut im Nominativ in *s* umwandeln, oder, wenn man sich so ausdrücken will, den Casus rectus aus anderem, edlerem Stamme bilden, dem platten *t* das hohe *s* entgegenstellend — zu beachten ist es, daß diese beiden Mundarten dem Nominativ Masc. des hier behandelten Pronomens oder Artikels ebenfalls sein gewöhnliches Kennzeichen entziehen. Im Alt-Nordischen heisst *sa* der und *sī* (dem Gothischen *só* entsprechend) die; im Angelsächsischen steht *sē* und *sēo*. Auf das Angelsächsische kommt aber hier wenig an, da es überhaupt auf die Nominativ-Bezeichnung verzichtet. Um so mehr aber kommt hier auf das Alt-Nordische an, welches sonst fest auf der Nominativ-Bezeichnung der Masc. verharret, und zwar nicht bloß bei Pronomen und Adjektiven, sondern auch bei Substantiven, in welcher Beziehung es als einzige Gefährtin des Gothischen dasteht. Warum nun bildete das Alt-Nordische nicht *sar*, analog mit *hwar* wer, sondern *sa* wie im Gothischen und analog mit dem Griechischen *ὁ*? Schwerlich dürfte man zu beweisen vermögen, daß dieses Alt-Nordische *sa* von der schwachen Deklination sey, denn der Beweis könnte nur aus den obliquen Casus entnommen werden, und diese sprechen dagegen. Aus dem Gesagten aber geht klar hervor, daß das Gothische *sa*, *só*, und das Alt-Nordische *sī*, *sū* ihrem Ursprunge nach jenseits der Periode der so ausgedehnten Verbreitung schwacher Deklinationsform liegen, oder überhaupt jenseits der Germanischen Sprachperiode; denn sie zeigten sich uns als treue Überlieferung aus dem Asiatischen Mutterlande.

Aber im Sanskrit, könnte man einwenden, bildet das Pronomen, welches uns hier beschäftigt, im Singular-Nominativ Masc. *sas*, mit dem schließenden, dem Nominativ charakteristischen *s*, und es liefse sich daraus folgern, daß beim Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen Artikel die Ermangelung des Nominativzeichens die Folge späterer Abschleifung sey, da die Endlaute am meisten dem zerstörenden Einfluß der Zeit ausgesetzt sind. Allein es darf nicht übersehen werden, daß solche Abschleifungen gewöhnlich, wo nicht immer, mehr in Masse und gesetzmäßig als im Einzelnen und willkürlich statt finden, und wenn der Geist einer Sprache zu irgend einer Periode ihrer Geschichte einen Haß faßt gegen irgend einen Buchstaben als Schlusspfeiler eines Wortes, so verdrängt er ihn überall, wo er ihn vorfindet, so daß auch nicht ein einziger übrig bleibt, welcher der Vermuthung Raum liefse, daß noch andere seines Gleichen da gewesen.

Auf diese Weise hat im Griechischen ein Lautgesetz gegen das τ gewüthet, und es überall ausgerottet, wo es als Endbuchstabe stand, so wichtig und ausgedehnt auch seine grammatische Rolle muß gewesen seyn, wie sich aus der Vergleichung mit den verwandten Sprachen klar genug zu erkennen gibt. Das Σ hingegen ist stets ein dem Griechischen Ohr befreundeter Endbuchstabe geblieben, und so gerne es in der Mitte, zwischen zwei Vocalen, sich hat verdrängen lassen, so standhaft zeigt es sich am Ende, überall wo die vergleichende Sprachkunde es erwarten läßt.

Wer aber dennoch, bloß vom Griechischen ausgehend, zu vermuthen geneigt ist, daß $\acute{\epsilon}$ ein ursprünglich nachklingendes Σ verloren habe, der wird von dieser Vermuthung leicht absteigen, wenn er berücksichtigt, daß zwei der verwandten Sprachen, die gleich fest wie das Griechische an der gewohnten Nominativ-Bezeichnung haften, an demselben Pronominalstamm dieselbe Entblößung zeigen. Es kann dies schwerlich für ein Spiel des Zufalls angesehen werden; ich vermute vielmehr und werde diese Vermuthung mit Gründen unterstützen, daß auch im Sanskrit für *sas* ursprünglich *sa* gestanden habe, und daß die Urgestalt im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen sich treuer erhalten habe, während im Sanskrit, vom Strome der Analogie herbeigetrieben, dem ursprünglich mit dem Stammvocal endenden Nominativ *sa* ein schließendes *s*, oder vielmehr sein häufiger Stellvertreter, der Spiritus finalis (:), aber auch dieser nur unter einer sehr beschränkten Bedingung, als Nominativ-Charakter sich beigeseilt hat. Dieses *s*, was wichtig ist zu berücksichtigen, wird aber von den Wohl lautgesetzen ganz anders behandelt als irgend eines anderen Wortes schließendes *s*, denn es fällt vor allen Consonanten ab. So wenigstens mag sich die Sanskrit-Grammatik ausdrücken; die allgemeinere, vergleichende, den ganzen Stamm zusammenfassende Grammatik kann hiermit sich nicht zufrieden geben, diese muß vielmehr bestreiten, daß es eine bloß euphonische Ursache sey, die das *s* des Wörtchens *sas* viel häufiger verdränge als irgend ein anderes schließendes *s*; um so mehr muß sie dies bestreiten, als bei diesem Pronomen in denjenigen der verwandten Sprachen, die in Übereinstimmung mit dem Sanskrit an die Stelle des radikalen demonstrativen *t* im Nominativ ein *s* oder den verwandten Spiritus asper setzen, der sonst gewöhnliche Nominativ-Charakter niemals angefügt wird. Ich fühle mich also vollkommen berechtigt, in Bezug auf den Nominativ unseres Sanskritischen Pronomens

folgendes Gesetz aufzustellen: Er entbehrt, wie die entsprechenden Formen, im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen des gewöhnlichen Nominativzeichens, und nur vor einem einzigen Buchstaben, nämlich *a*, und am Ende eines Satzes folgt *sa* der Analogie anderer Nominative, und lautet daher in ersterem Falle *só*, in letzterem *sah*, Formen, die nach den gewöhnlichen Wohllautsregeln aus *sas* sich erklären lassen.

Ich komme nun zur Bestimmung des Grundes, warum mir die uralte Verwechslung des wurzelhaften demonstrativen *t* mit *s*, im Singular-Nominativ, von großer Wichtigkeit ist, und warum ich auch den Umstand einer besonderen Beachtung werth halte, daß diese Verwechslung nicht auch auf das Neutrum sich erstreckt, eine Erscheinung, worin ebenfalls die verwandten Sprachen die genaueste Übereinstimmung zeigen, und die also ebenfalls in die Urzeit unseres Sprachstammes zu versetzen ist. Dieser Grund ist kein anderer, als was aus dem bereits Gesagten von selbst einleuchtet, nämlich, daß in dem Nominativzeichen *s* der wurzelhafte Consonant des hier behandelten Pronomens sich kund gibt, und zwar in einer Gestalt, die so sehr dem Nominativ allein zusagt, so sehr für ihn bestimmt scheint, daß besagtes Pronomen sein wurzelhaftes *s* nur dem Nominativ zugesteht, in den obliquen Casus dasselbe zu *t* abplattend, oder was dasselbe ist, daß in unserem Pronomen ein eigener Stamm für den Nominativ, ein eigener für die obliquen Casus sich erzeugt hat. Das schließende *s* Sanskritischer, Griechischer, Lateinischer, Gothischer und Littauischer Nominative ist also nichts anderes als ein personifizirendes, lebensreiches Element, gleichsam ein nachgesetzter Artikel, und daher erklärt sich seine Scheu, sich mit dem Artikel selbst zu verbinden, in Sprachen, wo dieser seinen Nominativ von den obliquen Casus schon durch den Stamm auszeichnet. In den Sprachen aber, wo bei unserem Pronomen das Gefühl des Gegensatzes zwischen Nominativ und den obliquen Casus erschwachte, und eine Gleichheit eintrat, dadurch, daß das wurzelhafte *t* oder *d* der obliquen Casus zum Nominativ drang, da erhielt dieser, nach allgemeiner Analogie, sein gewöhnliches Kennzeichen, damit die Endung aussage, was früher der ganz für den Nominativ geschaffene Stamm durch sich selber beurkundete. So erklärt sich das Alt- Mittel- und Neu-Hochdeutsche *der*, und im Littauischen,

wo der uralte Demonstrativ-Stamm *ta* sich ohne die geringste Veränderung erhalten hat, und wo auch das Femininum vom Masculinum durch die Verlängerung des Stammvocal's unterschieden wird, lautet der Nom. Masc. *tas*, der des Fem. *tā*, und dieser weibliche Nominativ entbehrt, wie das Sanskritische *sā* (सा), das Gothische *só* und das Griechische *ῥ*, eines Casuszeichens, was im Sanskrit bei allen Fem. auf *ā* der Fall ist. Der Sanskritische Nominativ-Stamm *sa* aber hat im Littauischen eine vollständige Deklination in einem anderen Demonstrativ-Pronomen erhalten, denn es leidet keinen Zweifel, daß das Littauische *szis* dieser, *szī* diese, mit *sa* (स) oder *sah* (सः) und स zusammenhänge, so wie der Griechische Nominativ-Stamm *ó* in dem Lateinischen *hic* eine vollständige Deklination erhalten hat. Der Stamm der obliquen Casus mit radikalem *t* hat im Lateinischen nur Derivativa zurückgelassen, wie *tantus*, *talis*, *toties* u. s. w., nebst einigen Adverbien mit Accusativ-Endungen, nämlich *tam*, *tum*, *tunc*, analog mit *hunc*, die eben so einfach aus unserem Demonstrativ-Stamm sich erklären, wie die Deutschen Adverbia *so*, *dann* (mit verstärkter Accusativ-Endung), *da* und *dar*, wovon die drei letzten ihre Entstehung aus dem Artikel dadurch verbergen, daß sie das alte Sanskritisch-Gothische *a* bewahrt haben, was der deklinirte Artikel in das trübe *e* verwandelt hat. Auch ist das Lateinische *iste* hierher zu rechnen, welches ich schon bei einer andern Gelegenheit als zusammengesetzt erklärt habe.

In dem Umstande, daß der Nominativ unseres Pronomens in allen verwandten Sprachen, nur im Masculinum und Femininum, nicht aber beim Neutrum, dem wurzelhaften *t* der obliquen Casus ein *s* entgegenstellt, liegt ein neuer und gewichtvoller Beweis, daß mit diesem wurzelhaften *s* der im Sanskritischen Sprachstamm so allgemein verbreitete Nominativ-Charakter zusammenhänge. Denn nur männliche und weibliche Nominative tragen *s* als Merkmal im Sanskrit, niemals das Neutrum; dasselbe gilt von dem Gothischen, und es muß als eine spätere Entartung angesehen werden, daß im Griechischen und Lateinischen auch Neutra sich den Charakter *s* anmaßten. Wie wenig aber diese Anmaßung vom Genius der Sprache begünstigt wurde, zeigt ihre kleine Anzahl im Verhältniß zu denen, welchen das *s* des Masc. und Fem. abgenommen wird. Es scheint also, daß *s* seiner Natur nach zu personifizirend und belebend ist, als daß es dem Neutrum, von stumpferer Natur und seiner Urbestimmung nach nur leblosen Gegenständen zukommend,

angemessen wäre. Dem Neutrum geziemt das weniger persönliche, weniger subjektive *t*, sowohl als Stammconsonant unseres Demonstrativs, als auch als Casus-Charakter; beide sind ihrem Ursprunge nach identisch, und das Sanskritische *tat* (oder *tad*) es, dieses, jenes, enthält das neutrale Element, wenn wir es so nennen wollen, zweimal, und bildet so einen doppelten Gegensatz zu dem Masculinum *sa* er, nur dafs das *s* seiner Natur nach lebendiger und so zu sagen, mehr seines Seyns sich bewußt ist, und daher eine Abneigung hat, sich mit sich selbst zu verbinden, und seine ganze Person noch einmal in der Endung abzuspiegeln; denn wie bereits erwiesen scheint, in der ältesten Sprache und im Griechischen, Gothischen und Alt-Nordischen endet der Nominativ Masc. mit dem Stammvocal. Im Gothischen erhält das schließende *t* des Neutrum den Zusatz eines *a*, welches aber nicht auf die übrigen Germanischen Mundarten sich erstreckt, daher entspricht dem Gothischen *thata* das Alt-Hochdeutsche *daz* und das Alt-Nordische *that*, welches sich von dem Sanskritischen *tat* nur durch die Aspiration des anfangenden *t* unterscheidet.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dafs mit dieser Neutral-Endung *t* das Lateinische *d* in *istud*, *id*, *illud* u. s. w. einerlei Ursprungs sey, und dafs im Griechischen der Artikel und andere Pronomina nur deswegen kein τ oder δ als Endbuchstaben zeigen, weil diese Laute überhaupt niemals am Ende geduldet werden, daher auch das τ der dritten Person der Zeitwörter weichen mußte, wo es nicht von jeher unter dem Schutze eines nachfolgenden Vocals stand, wie in $\epsilon\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\epsilon\tau-\epsilon$, $\epsilon\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\omicron\nu\tau-\epsilon$, analog dem Sanskritischen *atupat-a*, *atupant-a*, und in dem Dorischen $\phi\alpha\tau\acute{\iota}$, $\phi\alpha\nu\tau\acute{\iota}$, dem Sanskritischen *pāti*, *pānti* entsprechend.

Nur die Pronomina bezeichnen im Sanskrit wie im Lateinischen das Neutrum auf die eben beschriebene Weise. Für Substantive und Adjektive gibt es zwei andere Wege, das Neutrum vom Masculinum zu unterscheiden, und beide stammen aus dem entferntesten Alterthum, da sie sich im Griechischen und Lateinischen wiederfinden. Der ersten Methode ist bereits gedacht worden: sie besteht in der Entfernung jedes Casuszeichens im Nom. und Acc. Sing. so, dafs diese beiden Casus mit der Grundform identisch sind, z. B. *svādu* süßs, angenehm, im Sanskrit, $\eta\delta\acute{\upsilon}$ im Griechischen. Die zweite Methode besteht darin, dafs der Charakter des Accusativs, nämlich *m*, in den Nominativ gezogen und dieser dem Accusativ gleich gestellt wird,

und diese Methode ist im Sanskrit auf Wörter beschränkt, deren Grundform mit kurzem *a* endet, denen im Griechischen und Lateinischen die zweite Deklination entspricht, die *o* und *u* an der Stelle des Sanskritischen *a* haben; man vergleiche daher *punjas*, *punjá*, *punjám* (पुण्जन्, पुण्जा, पुण्जम्) vom Stamme *punja* rein, mit dem Lateinischen *bonus*, *bona*, *bonum*, und mit dem Griechischen *αγαθός*, *ή*, *όν*, wo das ältere *μ* in *ν* erweicht ist, was am Ende der Wörter immer geschieht.

Wir haben also in der Beschaffenheit des Singular-Nominativs zwischen dem Masculinum und Femininum einerseits, und dem Neutrum andererseits, zwei Gegensätze wahrgenommen, nämlich *s* gegen *t*, ein Gegensatz, der bei unserem Demonstrativum an Stamm und Endung sich aussprach, und *s* gegen *m* oder *n*, wie *punjas*, *punjám*, पुण्जन्, पुण्जं, *bonus*, *bonum*, *αγαθός*, *αγαθόν*. Es hat sich ferner ergeben, und dies ist wichtig zu beachten, dafs das Neutrum als weniger persönlich und lebendig, mehr objektiver als subjektiver Natur, schon im Nominativ mehr an die obliquen oder objektiven Casus sich anschliesst, und mit dem Accusativ identisch ist. Nun ist es merkwürdig, und wie mich dünkt, über den Ursprung des Accusativzeichens *m* Aufschluß gebend und zugleich das bekräftigend, was über den Ursprung des Nominativzeichens gesagt worden, dafs, gerade wie bei unserem Pronomen das *s* und *t* als subjektiv und objektiv einander entgegenstehen, in einem anderen Sanskritischen Pronomen dritter Person *s* und *m* sich einander die Spitze bieten, so dafs letzteres in allen obliquen Casus sich vorfindet, ersteres hingegen auf den Nominativ männlichen und weiblichen Geschlechts beschränkt ist. *Asau* (असौ) heifst jener und jene, das *s* aber, obwohl zum Stamme gehörend, ist auch hier nur auf den Nominativ beschränkt, und geht in allen obliquen Casus in *m* über; diese haben nämlich *amu* zum Stamm, mit dessen *u* das *au* von *asau* verwandt ist, denn *au* ist eine regelmässige und sehr gewöhnliche Verstärkung (*Wridhi*) des *u*. Es liegt also der Unterschied zwischen *asau* und *amu* einzig und wesentlich in dem Gegensatz zwischen *s* und *m*, und letzteres, als wesentlichstes Element von *amu*, war wohl dazu geeignet, die grammatische Funktion der Bezeichnung des Accusativs zu übernehmen, als des wichtigsten der obliquen Casus, des wahren Gegensatzes zum Nominativ, zu dem er sich, wie das objektive zum subjektiven, das leidende zum thätigen Prinzip, verhält. Es ist also auch das accusative *m* ein Pronomen, gleichsam ein nachgesetzter Artikel, zur Personifizierung, Belebung

des Gegenstandes, aber in geringerem Grade personifizirend, weniger energisch und lebendig als das *s* des Nominativs, wie sich daraus ergibt, daß das erwähnte Sanskritische Pronomen sein radikales *m* im Nominativ verschmährt, indem dieser der Fülle seines Lebens nur dann Genüge gethan glaubt, wenn jenes *m* in *s* umgewandelt erscheint.

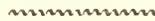
Hier mag es passend seyn, an den Griechischen Accusativ $\mu\acute{\nu}$, wovon $\nu\acute{\nu}$ nur eine Abart scheint, zu erinnern, dessen radikales μ , ebenfalls objektiver Natur, für den Nominativ unpassend ist, und in demselben nicht vorkommt. Die gewöhnliche Ableitung dieses $\mu\acute{\nu}$ oder $\nu\acute{\nu}$ aus $\acute{\nu}$ durch ein vorgetretenes μ oder ν ist unerweislich und an sich unnöthig, da $\mu\acute{\nu}$ in Vergleichung mit $\acute{\nu}$ alles hat, was dazu berechtigt, ihm einen eignen Stamm zuzugestehen, der eben so wenig als der Sanskritische Stamm *amu*, im Nominativ vorzukommen braucht, oder für denselben passend ist. Auch ist es einer Beachtung werth, daß noch ein anderes Sanskritisches Pronomen dritter Person, in dessen Deklination mehrere Stämme in einander greifen und sich wechselseitig ergänzen, im Singular-Accusativ *ima* als Stamm zeigt, ohne daß an diesem Stamme weder der Nominativ, noch irgend ein anderer der obliquen Casus Theil nimmt, so daß der Accusativ allein des radikalen *m*, als des ihm vorzüglich zukommenden Lebenszeichens, sich bemächtigt hat. Und nur in den beiden Mehrzahlen nimmt auch der Nominativ an diesem Stamme Theil, gerade wie, was besonders merkwürdig ist, bei dem Pronomen, wovon unser Artikel abstammt, die Verwandlung des *t* in *s* nur auf den Singular-Nominativ beschränkt ist, während die Nominative der beiden Mehrzahlen mit dem stumpferen, lebensarmeren *t* sich begnügen müssen, im Sanskritischen sowohl wie im Gothischen, Alt-Nordischen und Angelsächsischen; und auch im Griechischen sind, wie hieraus hervorgeht, die Dorischen Formen $\tau\acute{\epsilon}\acute{\iota}$, $\tau\acute{\alpha}\acute{\iota}$, als die ursprünglichen anzusehen.

Das oben erwähnte Sanskritische Pronomen *asau*, welches sein *s* in den obliquen Casus durch *m* vertauscht, behält dieses in den beiden Mehrzahlen ebenfalls im Nominativ: *amí* heißt *illi*, und *amís illae*, und im Dual-Nominativ lauten die beiden Geschlechter *amú*. Diese Aufhebung des wurzelhaften Gegensatzes zwischen Nominativ und den obliquen Casus der Mehrzahlen, oder mit anderen Worten, diese Herabsinkung des Nominativs zu der unedleren Stellung der obliquen Casus, erkläre ich aus der Schwächung der Persönlichkeit durch die Verbindung mehrerer Individuen zu einer Viel-

heit, in der die Einheiten untergegangen sind, ohne dafs die daraus erwachsene Gesamtheit so lebendig, concret und persönlich dastehen könnte, wie jedes der Individuen, die in ihr gleichsam sächlich, oder vielmehr nur zu Theilen einer Sache geworden sind. Mit dieser philosophischen Schärfe, die in der Sanskrit-Sprache dadurch sich ausspricht, dafs bei mehreren Pronomina dritter Person nur im Singular der Nominativ von edlerem Stamme ist als die obliquen Casus, steht meines Erachtens auch der Umstand in genauem Zusammenhange, dafs in der gewöhnlichen, nicht pronominalen Deklination, wo das Nominativzeichen *s* auch in den Plural gedrungen ist, neben dem Nominativ zugleich auch der Accusativ an diesem Charakter Theil nimmt ⁽¹⁾. Die männlichen Pronomina enthalten sich im Plural sämmtlich des Nominativ-Charakters *s*; von unserem Pronominal-Stamme *ta* kommt *té* sie, diese, jene, und dieses *té* ist = *tai*, da *a* und *i* im Sanskrit in der Regel in *e* zusammengezogen werden. Es entspricht also *té* vollkommen dem Dorischen *ταί* und dem Gothischen *thai*, und derselben Analogie folgen im Griechischen und Lateinischen alle Nominative auf *i*, wie *λέγῳι*, *δίκαί*, *romani* aus *romanói*, und *romanae* aus *romanai*. Keine Sprache trifft aber in dieser Beziehung so genau mit dem Sanskrit zusammen als das Gothische, weil hier die Bezeichnung des Plural-Nominativs durch *i* nur auf männliche Pronomina beschränkt ist, während die weiblichen und alle Substantive Masc. und Fem. wie im Sanskrit ein schließendes *s* haben; es ist daher *thai* = *té* (ṭ) und *thós* = *tís* (ṭṣ). Die Sanskritischen Neutra setzen im Plural der Endung *a*. die dem Griechischen mit dem Lateinischen und Gothischen

(1) Der Nominativ hat die Endung *as*, so dafs in dem vorgesetzten *a* die Unterscheidung von dem Singular liegt, und der Accusativ hat ein blofses *s*, dem zuweilen auch, aber meistens nur da, wo es nothwendig ist, nämlich bei den mit Consonanten endigenden Stämmen, ein *a* als Bindevocal beigegeben wird. *Padas* von *pad* Fufs, entspricht daher den Griechischen Formen *πόδες* und *πόδας*, aber *nadí* Fluß, bildet im Nominativ *nadj-as* und im Accusativ *nadí-s*. Die mit kurzen Vocalen endigenden männlichen Stämme haben *n* als Accusativ-Charakter des Plurals, und der kurze Vocal wird verlängert, z. B. *tán* von unserem Pronominal-Stamme *ta*. Das Gothische hat *ns* als Endung des Accusativs Plur., welches den Indischen Formen auf *n*, wie denen auf *s*, gleich nahe steht, und man könnte nach Grimm's scharfsinniger Vermuthung (Deutsche Gram. B.1. S.827.) annehmen, dafs beide von einer Urform auf *ns* ausgegangen seyen. Man vergleiche *sunu-ns* (*filius*) mit dem gleichbedeutenden *súná-n* (सूनान्) vom Stamme *súna*, einer Participial-Form von der Wurzel *sú* erzeugen.

gemeinschaftlich ist, ein *i* entgegen, und Stämme, die mit Vocalen enden, schieben ein euphonisches *n* ein, und verlängern die kurzen Vocale des Stammes. Bei dem Griechischen $\tau\alpha$ ist das *o* des Stammes $\tau\omicron$ in dem *a* der Endung untergegangen; das Gothische Demonstrativ lautet *thó*, welches ich aus *thǎ-ǎ* erkläre, weil das lange *o* im Gothischen das lange *a* vertritt, und also natürlich zwei kurze *a*, zu einer Einheit verschmolzen, darzustellen geeignet ist; die entsprechende Sanskritische Form ist *tá-n-i*, wie *já-n-i* (*quae*) aus *ja* und *ká-n-i* (*quae?*) aus *ka*, *amú-n-i* (*illa*) aus *amu*.



[Gelesen den 25. Mai 1826.]

Der dritte Casus, in der Reihenfolge, in welcher die Indischen Grammatiker sie aufstellen, ist der Instrumentalis; er hat im Sanskrit ein langes *a* zu seiner Bezeichnung, und nur die Wörter, deren Stamm mit kurzem *a* endet, setzen, im Widerspruch mit allen übrigen Wörtern, ein kurzes *a* als Instrumental-Charakter; und da sie, wie alle mit Vocalen endigende Stämme, zur schärferen Unterscheidung von Stamm und Endung, deren zusammenstossende Vocale sonst in einander zerfließen müßten, den Vocalen der Endungen ein euphonisches *n* vorsetzen und das *a* der Grundform gerne in *e* umwandeln: so bildet der Demonstrativ-Stamm *ta* im Instrumentalis des Masc. und Neutr. *téna*. Von dem erweiterten Stamme *tá* (त) des Fem. kommt *tajá* (तज) . Was entspricht der Instrumental-Endung *á* in den verwandten Sprachen? Und was läßt sich über ihren Ursprung oder den Grund angeben, warum durch ein antretendes *á* das Verhältniß durch ausgedrückt wird? Dieses sind die Fragen, auf deren Beantwortung es hier ankommt. Nur die Lettischen und Slawischen Sprachen haben in unserer großen Sprachfamilie neben dem Sanskrit einen Instrumentalis aufzuweisen, ohne dafs jedoch seine Form eine Vergleichung mit dem Sanskrit zuläfst, obwohl das Littauische und Slawische in dieser Beziehung unter sich übereinstimmen, und zwar so, dafs ersteres eine vollere, und wie mir scheint, die ältere, letzteres eine abgeschliffenere Form hat.

Da der Lateinische Ablativ ohne Beihülfe einer Präposition einer instrumentalen Bedeutung fähig ist, so könnte man geneigt seyn, in dem lau-

gen *a* des Singular - Ablativs erster Deklination einen Vergleichungspunkt mit dem Sanskrit zu suchen, und diese Vergleichung sogar auf das lange *o* des Ablativs zweiter Deklination auszudehnen, weil wir schon in anderen Fällen ein Sanskritisches langes *ā* in den verwandten Sprachen in *ó* übergegangen fanden. Wir fühlen uns jedoch genöthigt, allen Zusammenhang des Lateinischen Ablativs mit dem Indischen Instrumentalis zu läugnen, wenn wir berücksichtigen, daß der Endvocal des Lateinischen Ablativs nach dem Wechsel des Endvocals des Stammes sich richtet, und wenn wir die Form des Ablativs in Erwägung ziehen, wie sie uns, durch Stein und Erz bewahrt, in den ältesten Denkmälern der Römer - Sprache sich zu erkennen gibt, auf die überraschendste Weise mit dem Sanskritischen Ablativ, wie wir in der Folge zeigen werden, übereinstimmend.

Was aber den Ursprung der Indischen Instrumental - Endung *ā* anbelangt, so bietet sich ganz willkommen in der Sprache, welche diese Casus - Endung aufweist, auch eine Präposition zu ihrer Erklärung dar, nämlich *ā* (*an*), welches zwar nur als Präfix gebraucht wird, aber dadurch nicht auf seine Selbstständigkeit Verzicht leistet, auf seine Fähigkeit, für sich etwas zu bedeuten, und als ein bedeutsames Element zur Postposition so gut als zur untrennbaren Präposition geeignet war. Als Postposition mit den Wortstämmen verwachsen, und außer in solcher Verwachsung mit der Bedeutung durch nicht vorkommend, hat *ā* den Charakter einer Casus - Endung angenommen, indem es vor zu leichter Erkennung seiner ursprünglichen Bedeutung gesichert war. Daß aber *an* zur Instrumental - Endung, d. h. zur Bezeichnung des Verhältnisses zwischen Handlungen und dem Werkzeuge, womit, oder den Personen, von welchen sie verübt werden, passend sey, ist einleuchtend, denn wir stellen im Geiste das was geschieht und wodurch es geschieht, zusammen, und das letztere läßt sich als das am ersteren haftende darstellen. So geben wir im Deutschen das Sehen mittelst der Augen, als das Sehen, welches mit den Augen ist, in ihrer Gesellschaft, an ihnen haftend. Auch kann im Sanskrit der Instrumentalis ohne Beihülfe einer isolirten Präposition das Verhältniß mit ausdrücken, und eben so im Littauischen, dessen Instrumental - Endung *mi* man um so mehr berechtigt ist, für eine ursprünglich mit ausdrückende Postposition zu halten, da den Wörtern, welche eine andere Instrumental - Endung als *mi* haben, wenn sie mit ausdrücken sollen, die Präposition *su* vorgesetzt wird.

Man berücksichtige noch, daß die Präpositionen ihrem Ursprunge nach sämtlich Raum-Verhältnisse ausdrücken, das ursächliche, instrumentale aber, da es nicht räumlich, äußerlich, sinnlich ist, um ausgedrückt zu werden, nothwendig als räumlich aufzufassen ist. Im Griechischen werden die Beziehungen der Handlung und der Person, von welcher sie verübt wird, als unter einander dargestellt, durch $\acute{\upsilon}\pi\acute{\omicron}$; und $\pi\epsilon\rho\acute{\iota}$, welches in seiner ursprünglichen Bedeutung um mit dem Sanskritischen *pari* (परि) übereinstimmt, ist im Lateinischen, in der Gestalt von *per*, ursächlich, instrumental geworden. Im Arabischen wird die Präposition ب (*bi*) bei zur Bezeichnung instrumentaler und causaler Verhältnisse gebraucht, und also das Stofsen mittelst der Hörner, als das bei den Hörnern seyende, an ihnen haftende Stofsen dargestellt, und da ب auch die Vereinigung mit etwas ausdrückt, so entspricht es in diesen beiden abgeleiteten Bedeutungen ganz dem gewöhnlichen Sinne der Sanskritischen Instrumental-Endung. Alles dieses bestärkt meine Vermuthung, daß ihr langes *a* mit der Präposition \acute{a} identisch sey, eine Vermuthung, die fast zur Gewißheit gesteigert wird durch den Umstand, daß die Instrumental-Endung des Duals und Plurals sich ebenfalls ganz füglich aus einer Präposition, welche *au* bedeutet, erklären läßt, und zwar aus einer formreicheren, nicht bloß aus einem einzigen Vocal bestehenden. आ (\acute{a}) und अभि (*abhi*) sind sich in ihren Bedeutungen völlig gleich, und अभिगच्छति ist dasselbe wie आगच्छति , nämlich *accedit, adgreditur*. Durch Verbindung mit der Ableitungssylbe त् (*tas*) entsteht अभित्तन् (*abhitas*) bei, womit vielleicht das Lateinische *apud* verglichen werden dürfte. Das Primitivum अभि kommt nur in Zusammensetzungen vor, und zwar als Präfix, und, wenn meine Ansicht gegründet ist, als Postposition, mit Nominal-Stämmen verwachsen, und den Charakter verschiedener Casus-Endungen annehmend. Da eine andere Präposition, nämlich अपि (*api*) häufig ihren Anfangsvocal verliert, so müssen wir auch unserem *abhi*, wenn es zur Casus-Endung werden, und als solche seine Identität mit dem Präfix *abhi* scheinbar verläugnen soll, das Recht zugestehen, durch eine ähnliche Abwerfung sich zu vereinfachen, ungefähr wie अन् (*as*) die Wurzel des Verbum substantivum, wann sie mit attributiven Wurzeln in gewissen Tempora zu einem gemeinschaftlichen Ganzen sich verbindet, ihren Stammvocal abwirft.

Es bleibt uns also von der Präposition *abhi* bloß *bhi*, woraus ich verschiedene Casus-Endungen erkläre, da *bhi*, zur Casus-Endung werdend,

wiederum selber seine Endungen hat, indem es gleichsam deklinirt wird, nach Verschiedenheit des Numerus und der Casus, die es bezeichnen soll. So durchläuft *bhi* die Formen *bhjam*, *bhjá̃m*, *bhis* und *bhjas*. Ohne Zuwachs am Ende, aber mit Ablegung der Aspiration, erscheint *bi* blos im Lateinischen, als Dativ-Charakter, in *tibi*, *sibi*, und mit locativer Bedeutung in *ibi* und *ubi*. Im Sanskrit nimmt *bhi*, wenn es den Singular-Dativ bezeichnen soll, die Nachschlagsylbe *am* an, dessen Vocal die Verwandlung von *i* in *j* nothwendig macht; *bhjam* ist aber auf das einzige *tubhjam* dir beschränkt — aus *tu-bhi-am*. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß *bhjam* niemals einem anderen Wortstamme als dem Pronomen der zweiten Person sich angeschlossen habe ⁽¹⁾, und gewissermaßen nur für dieses von der Sprache erzeugt worden sey, da doch das entsprechende *bi* im Lateinischen wenigstens über vier Pronominal-Stämme sich erstreckt, und nicht blos in diesem einzigen Falle das Lateinische alte grammatische Formen treuer als das Sanskrit aufbewahrt hat, wie wir in der Folge durch ein neues Beispiel bestätigen werden.

Durch Verlängerung des vorletzten *a* wird *bhjam* von dem Singular in den Dual versetzt, in welchem es den Instrumentalis, Dativ und Ablativ bezeichnet. Von unserem Pronominal-Stamme *ta* kommt तभ्याम् (*tábhjá̃m*), welches den drei Geschlechtern angehört. Durch Ansetzung eines schließenden *s* wird *bhi* zur Instrumental-Endung des Plurals, und kommt als solche an allen Wortstämmen vor, ihr Endbuchstabe mag Consonant oder Vocal seyn; nur das kurze *a* will sich mit der Endung भिस् (*bhis*) nicht vereinigen, es ist aber schwer zu glauben, daß die Sanskrit-Sprache für den Instrumentalis des Plurals zwei von einander unabhängige Endungen erzeugt habe, die eine zur Verbindung mit dem kurzen *a*, und die andere für alle übrigen Buchstaben des Alphabets. Ich vermuthe, daß die vorherrschende Endung *bhis* ursprünglich die einzige gewesen, und daß तैस् (*taiś*) von unserem Pronominal-Stamme *ta*, dessen Femininum तभ्यिस् (*tá-bhis*) lautet, aus *tabhis* oder einer ähnlichen erloschenen Form entstanden sey ⁽²⁾, durch eine Ausstofsung

(1) Offenbar ist es wenigstens, daß die Sylbe *hjam* von *ma-hjam* mir aus *bhjam* entstanden, indem von dem aspirirten *b* blos der Hauch zurückblieb.

(2) Am besten erklärt es sich aus *tábhis* mit langem *a*, weil der Diphthong *ai* (*é*) die Verschmelzung eines langen *a* mit *i* ist, wie daraus erhellt, daß er sich vor Vocalen in *áj* auflöst.

des *bh*, welches an die Verdrängung des Griechischen Digamma erinnert, und an den Übergang des Lateinischen *bus* in *is*, bei der ersten und zweiten Deklination, wobei jedoch das Lateinische vor dem Sanskrit den Vorzug behauptet, dafs es die Urform nicht ganz hat untergehen lassen, und statt mit Schneider (Formenlehre S. 68.) die auf Inschriften vorkommenden Formen *dibus*, *dibus*, *filibus*, Abschweifungen in die dritte Deklination zu nennen, möchten wir lieber die herrschend gewordenen Formen *diis*, *filiiis*, Abschweifungen aus der primitiven Deklination genannt wissen, von der die dritte weniger als die beiden ersten sich entfernt hat.

Merkwürdig ist die Übereinstimmung der Griechischen Dative $\tau\acute{o}\iota\varsigma$ und $\tau\alpha\acute{\iota}\varsigma$ mit dem Sanskritischen oben genannten *tais*, denn da selbst das Sanskrit im Dual eine gemeinschaftliche Endung für Dativ und Instrumentalis hat, und der Griechische Dativ ohne Beihülfe einer Präposition auch instrumentaler Bedeutung fähig ist, so kann es nicht unpassend scheinen, beide Casus mit einander zu vergleichen. Wir wollen aber aus der Übereinstimmung der genannten Sanskritischen und Griechischen Formen nicht den Schlufs ziehen, dafs तैस् (*tais*) schon in der Asiatischen Ursprache bestanden habe, bevor diese, durch Auswanderung, in verschiedene Schwester-Sprachen sich zertheilt hatte; denn in dem Griechischen $\tau\acute{o}\iota\varsigma$ und $\tau\alpha\acute{\iota}\varsigma$ gehören die Vocale *o* und *a* zum Stamme, und die Endung *is* hängt mit dem Lateinischen *is* von *filiiis* zusammen, wovon es einleuchtend ist, dafs es aus *filibus* und *filiabus* entstanden sey, durch keine kühnere Zusammenziehung als die, welche *mavolo* in *malo* umgestaltet hat. Wir werden also auch $\tau\acute{o}\iota\varsigma$ und $\tau\alpha\acute{\iota}\varsigma$ und alle ähnliche Griechische Dative als sekundäre Formen ansehen müssen, die im Griechischen sich entwickelt haben, wie im Sanskrit *tais* aus einem vorausgesetzten *tabhis*, und im Lateinischen *filiiis* aus *filibus* und *filiabus*.

Unter den vielen von Homer gebrauchten Formen des Plural-Dativs, deren Reihenfolge, in Bezug auf ihr Alter, man aus dem Griechischen allein zu bestimmen nicht im Stande ist, werden wir hier mit Recht ein besonderes Gewicht auf diejenigen Formen legen, und sie für die ältesten ansehen müssen, welche am genauesten mit dem Sanskrit übereinstimmen. Die Ähnlichkeit der Endung $\phi\iota$ oder $\phi\omega$ mit *bhi*, woraus wir im Sanskrit Dativ- und Instrumental-Formen sich entwickeln sahen, ist auffallend, um so mehr, da ऋ (*bh*) im Griechischen in der Regel in der Gestalt von ϕ sich zeigt. —

Nimmt man $\phi\omega$ und nicht $\phi\iota$ als die älteste von beiden Formen an, so möchten wir die Vermuthung aufstellen, daß es aus $\phi\iota\varsigma$ entstanden sey, nach Analogie der Verwandlung von $\mu\epsilon\varsigma$ in $\mu\epsilon\upsilon$, in der ersten Plural-Person, welche dem Sanskritischen *mas* und dem Lateinischen *mus* entspricht; $\phi\iota\varsigma$ würde dem Sanskritischen *bhis* und dem Lateinischen *bis* von *nobis*, *vobis* entsprechen. Vielleicht auch bestand zwischen $\phi\iota$ und $\phi\omega$, welche wir rücksichtslos für Singular und Plural gebraucht finden, ursprünglich ein Unterschied, daß etwa ersteres dem Singular, letzteres dem Plural angehörte, daß sie sich also zu einander verhielten, wie im Lateinischen *bi* zu *bis* in *tibi* und *vobis*, und wie im Littanischen *mi* zu *mis* in *akimi* mit dem Auge, und *akimis* mit den Augen. Daß die Endungen $\phi\iota$ und $\phi\omega$ vorzüglich dem Dativ angehören, ist anerkannt, ihre Übertragung in den Genitiv müssen wir gelten lassen; daß aber dieser Casus nicht auf $\phi\iota$ und $\phi\omega$, als auf seine ursprüngliche Endung, Anspruch zu machen hat, erhellt daraus, daß das Alter des eigentlichen Griechischen Genitivs, sowohl der einfachen wie der Mehrzahl, durch die vollkommenste Übereinstimmung mit den gleichbedeutenden Endungen im Sanskrit gesichert ist. Was den Gebrauch der Endung $\phi\iota$, $\phi\omega$ im Accusativ, und die Meinung der alten Grammatiker anbelangt, daß sie für alle Casus, sogar für den Nominativ und Vocativ, stehen könne, so berufe ich mich hier auf das, was Buttman sehr gegründet gegen diese Ansicht eingewendet hat (Ausf. Sprachl. S. 205.). Daß $\phi\iota$ mit locativer Bedeutung vorkommt, wie in $\acute{\omega}\tau\acute{\epsilon}\phi\iota$, und in diesem Falle, weil der Griechischen Deklination der Locativ fehlt, für adverbialisch gehalten werden kann, steht unserer Ansicht, daß es eigentlich dem Dativ angehöre, nicht entgegen; es hat in dieser Beziehung dasselbe Schicksal mit dem ihm verwandten *bi* im Lateinischen, welches den Dativ bildet in *tibi*, *sibi*, und den Locativ oder Adverbia in *ubi*, *ibi*.

Das Σ , welches der Endung $\phi\iota$ oder $\phi\omega$ vorgesetzt werden kann, läßt sich als euphonische Einschubung ansehen, da auch in anderen der verwandten Sprachen *s* gerne auf eine ähnliche Weise als ein Verbindungslaut gebraucht wird, indem es gewissen Consonanten, zu denen es eine besondere Neigung hat, als euphonischer Vermittler beigegeben wird. Es ist passend, hier daran zu erinnern, daß im Sanskrit selbst zwei von einander ganz unabhängige Wörter, durch Dazwischenschiebung eines euphonischen *s* zusammengezogen, in der Aussprache zu einem Ganzen verschmolzen

werden. Es zeigt sich in dieser Sprache das *s* besonders dem *t* befreundet, und wird demselben als Anfangsbuchstabe eines Wortes vorgesetzt, aber nicht ohne Beschränkung, sondern nur wenn das vorhergehende Wort mit *n* endet; es entsteht daher z. B. आसंस्तत्र (*ásanstatra*) sie waren dort aus *ásan* (आसन्) und *tatra*. Auch dem *k* wird, jedoch seltener, ein euphonisches *s* vorgesetzt; die Präposition सम् (*sam*) mit und कृत (*kṛita*) gemacht bilden daher संस्कृत (*sanskṛita*) vollkommen, geziert, die Sanskritische Sprache; कान् (*kān*) quos (als Interrogativ) bildet स्कान् (*skān*), wenn dasselbe Wort vorhergeht. Was aber unserer vorliegenden euphonischen Einschiegung am meisten entspricht, ist, dafs auch dem Tenuis des Griechischen ϕ im Sanskrit ein euphonisches *s* vorgesetzt wird, denn z. B. पति (*pāti*) er beherrscht, प्रियते (*prījatē*) er liebt, werden स्पति (*spāti*) und स्प्रीयते (*spṛījatē*), wenn नृन् (*nṛīn*) viros vorhergeht. Zu der Einschiegung eines euphonischen *s* vor *t*, *k* und *p* stimmt auch das Lateinische, wo gerade vor den entsprechenden Lauten, das *k* mag durch *c* oder *qu* ausgedrückt werden, ein euphonisches *s* eingeschoben wird, wenn die Präpositionen *ab*, *ob* und *sub* als Präfixe vorhergehen, welche im Lateinischen in so genauem euphonischen Verhältnifs zu dem folgenden Worte stehen, wie im Sanskrit jeder Endbuchstabe zu dem Anfangslaut irgend eines folgenden Wortes; daher die Assimilationen und die Einschiegung des euphonischen *s*. Präpositionen, wie *abs*, *obs* und *subs* aufzustellen, scheint mir eben so unpassend, als wenn man im Sanskrit dritte Pluralpersonen, wie आसन् (*ásans*), annehmen wollte. In *abstraho* hat wenigstens *traho* eben so großen Anspruch auf das *s* als *ab*, und es wäre nicht unpassender, neben *traho* ein *straho* anzunehmen, als neben *ab* eine Präposition *abs*. Die eingeführte orthographische Gewohnheit, in Fällen, wo *ab* getrennt steht, das vor *t* oder *q* einzuschiebende *s* dem *ab* zuzuschreiben, beweist durchaus nicht, dafs es der Praeposition mehr als dem folgenden Worte angehöre, sondern nur, dafs dieses die Meinung derjenigen sey, welche diese Schreibart eingeführt haben; am besten würde man in solchen Fällen die Präposition mit dem folgenden Worte verbunden haben; auch pflegen diejenigen, welche im Sanskrit gegen die Gewohnheit der Handschriften, nach bestimmten Grundsätzen die Wörter trennen, Wörter wie *ásanstatra* sie waren dort, nicht abzusondern, denn das *s* ist hier gleichsam der Kitt, welcher beide zusammenstossende Wörter zu einem Ganzen verbindet.

Die vierte Casus-Endung, welche im Sanskrit aus der Präposition *bhi* sich entwickelt, entsteht durch die Beifügung der Sylbe *as*, und *bhjas*, welchem das Lateinische *bus* entspricht, steht als Endung des Dativs und Ablativs Pluralis an allen deklinationsfähigen Wörtern, und verhält sich zu dem Stamme *bhi*, woraus es gebildet ist, gerade wie das Suffix त्स् (tas), welches sehr häufig in dem Sinne einer Ablativ-Endung gebraucht wird, und dem Lateinischen *tus* in *coelitus* entspricht, zu dem bloßen *t*, welches der gewöhnliche Ablativ-Charakter ist. Unser Pronominal-Stamm *ta* bildet im Dativ und Ablativ Plur. des Masc. und Neutr. तेभ्यस् (*té-bhjas*) und im Fem. ताभ्यस् (*tá-bhjas*).

Der vierte Casus der Sanskritischen Deklination ist der Dativ. Sein Charakter ist im Singular *é*; da aber das *é* eine regelmässige Umwandlung des *i* ist, die in der Formenbildung außerordentlich häufig vorkommt, ohne jemals eine Veränderung der Bedeutung hervorzubringen, so könnte man mit Recht vermuthen, der Dativ und Locativ, dessen Charakter im Singular *i* ist, seyen ursprünglich identisch, und die Unterscheidung beider Casus durch eine kleine Modifikation der Form, sey ein Ereigniß späterer Zeit. Auch wird der Locativ im Sanskrit sehr häufig im Sinne des Dativs gebraucht, so wie im Gegentheil das Griechische dem Dativ nicht selten locative Bedeutung beilegt (Δαδῶνι, Μαραθῶνι, Σαλαμῶνι, αἴκοι), wie bei Zeitbestimmungen, z. B. τῇ τρίτῃ ἡμέρᾳ, was man in das Sanskrit durch den Locativ तृतीये दिवसे (*tritijé divasé*) übertragen müßte. Dafs der Griechische und Lateinische Dativ mit dem Sanskritischen Locativ identisch sey, bedarf keiner Bemerkung; dafs aber auch der Lateinische Genitiv erster und zweiter Deklination einerlei Ursprung wie einerlei Endung mit dem Sanskritischen Locativ habe, hierauf hat Herr Dr. Rosen zuerst aufmerksam gemacht, und seine, wie mir scheint, ganz richtige Ansicht dadurch zu begründen gesucht, dafs der Genitiv noch mit locativer Bedeutung vorkommt, aber nur insofern er *i* zu seinem Charakter hat, dieses *i* mag nun frei stehen oder mit dem vorhergehenden *a* der Grundform in *ae* verwachsen seyn, wofür jedoch die ältere Schreibart *ai* ist. Schwerlich dürfte man es für eine zufällige Erscheinung oder für eine zwecklose Unterscheidung ansehen, dafs nur im Singular der ersten und zweiten Deklination der Genitiv als Locativ bei Städtenamen stehen könne, und niemals im Plural, oder im Singular, wenn sein Genitiv mit dem ihm eigenthümlichen, auch im Sanskrit üblichen Charakter

s endet, und dafs man *humi* und *domi* sage, von *rus* aber das Verhältnifs wo nicht durch *ruris*, sondern *ruri* ausdrücke. Auch würde man gewifs mit Unrecht der Form *mensae* einen anderen Ursprung zuschreiben, wo sie als Genitiv, einen anderen, wo sie als Dativ steht, denn der Umstand, dafs in der alten Sprache die Genitive der Wortstämme auf *a* mit *s* endeten, wie *terras*, *escas* u. s. w., nöthigt keineswegs zu der Annahme, dafs aus der Sylbe *as* sich der Ausgang *ae* der späteren Sprache entwickelt habe, da nichts der durch obige Gründe begünstigten Annahme im Wege steht, dafs, nachdem die wahre Genitiv-Endung erloschen war, die Dativ-Endung, welcher, ihrem Ursprunge nach, auch locative Bedeutung zukommt, sich dem Genitiv mitgetheilt habe.

Bei der zweiten Deklination ist, wie bei der ersten, der Charakter des Dativs in den Genitiv übergetreten, nur findet hier die unwesentliche Unterscheidung statt, dafs, während im Dativ die alte Sprache den Endvocal der Grundform, nämlich *o* für *u*, vor dem Dativ-Charakter *i* beibehält und *populoi romanoi* sagt, im Genitiv der Vocal der Grundform in dem der Endung untergeht, wie vor den Plural-Endungen *i* und *is*, wo jedoch die älteste Sprache den Endvocal der Grundform in der Gestalt von *o* ebenfalls beibehält. Die Verwandtschaft der Lateinischen Genitive auf *i* mit dem Sanskritischen Locativ zeigt sich sehr deutlich bei den Pronomina erster und zweiter Person, indem *mei* mit ऋषि (*maji*) in mir, welches euphonisch für *mé-i* steht, identisch ist, und *tui* mit *twaji* (aus *twé-i*) in dir, übereinstimmt.

Von unserem Demonstrativ-Stamme *ta* lautet der Singular-Dativ des männlichen und sächlichen Geschlechtes ऋषे (*ta-smai*) aus *ta-sma-é*, und *ma* ist, wie bereits anderswo bemerkt worden, eine Einschlebungssylbe, welche bei den Pronomina erster und zweiter Person in allen obliquen Casus des Plurals und bei den übrigen Pronomina im Dativ und in einigen anderen Casus des Singulars zwischen Stamm und Casus-Endung eingeschoben wird, und welche über den Gothischen Pronominal-Dativ Aufschluß gibt, wo der gewöhnlichen Dativ-Endung *a* ein doppeltes *m* vorhergeht; es steht daher mit dem Sanskritischen *ta-smai* im nächsten Zusammenhang das Gothische *thamma*, dessen erstes *m* wir aus *s* auf dem Wege der Assimilation entstehen lassen. Im Femininum scheint der Dativ und die folgenden Casus des Singulars bei den Sanskritischen Pronomina dritter Person aus

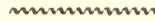
dem Genitiv des Masc. sich zu entwickeln, so dafs aus *ta-sja ejus*, *hujus*, im Fem. der Dativ *ta-sjai*, der Genitiv und Ablativ *ta-sjás*, und der Locativ *ta-sjám* sich entwickeln, durch Ansetzung der gewöhnlichen Casus-Endungen des Fem. an den Genitiv des Masc. In dieser Ansicht werde ich dadurch bestärkt, dafs auch bei den Gothischen Pronomina dritter Person der Singular seinen Genitiv und Dativ aus dem Genitiv des Masc. zu entwickeln scheint, so dafs dieser gleichsam zum Stamme wird, an welchen die dem Genitiv und Dativ Fem. charakteristischen Casus-Endungen sich anschliessen, daher *thiz-ós* und *thiz-ai* aus *this*.

Wenn wir dem Ursprung des *i* nachforschen, welches im Sanskritischen Locativ steht, im Dativ aber nach obiger Erklärung in seiner sehr gewöhnlichen Erweiterung in *é* sich zeigt, so drängt sich uns zunächst der oben erwähnte über mehrere Casus und mehrere der verwandten Sprachen verbreitete Präpositions-Stamm *bhi* auf.

Durch eine ähnliche Ausstofsung, wie die, welche das Griechische Digamma so häufig erfahren hat, und welche aller Wahrscheinlichkeit nach im Instrumentalis Plur. *tais* aus *ta-bhis* oder *tá-bhis* erzeugt hat, konnte von *bhi* das aspirirte *b* losgerissen werden, so dafs in dem erhaltenen Zustande des Sanskrits nur *i* als Casus-Charakter zurückblieb. Geschah diese Ausstofsung in der Zeit, wo alle die verwandten Sprachen noch in Einer Ursprache vereinigt lagen, so bedarf es keiner weiteren Erklärung für das dative *i* des Griechischen und Lateinischen; geschah die Ausstofsung nach der durch auswandernde Colonien veranlafsten Spaltung der Sprache, so läfst sich im Lateinischen das *i* eben so gut aus *bi*, und im Griechischen aus *phi* erklären, so dafs aus einer übereinstimmenden Urform sich gleiche Entartungen erzeugt hätten.

Bei den Pronomina dritter Person lautet die Locativ-Endung des Singulars *in* statt *i*, daher kommt *tasmín* von unserem Demonstrativ-Stamme *ta*. Von dieser Endung *in* müfste man, nach ihrem muthmafslichen Ursprung, *bhin* als die Urform annehmen, und es bleibt zweifelhaft, ob das *n* als ein späterer, nur bei den Pronomina sich äufsernder, verstärkender Zusatz erklärt werden müsse, oder ob man an dem *i* der übrigen Wörter den Abfall eines *n* anzunehmen habe. Obwohl die Pronomina gerne die ältesten Formen aufbewahren, so streitet doch, in Bezug auf dieses *n*, Pronomen gegen Pronomen, da die erste und zweite Person das blofse *i* in

Schutz nehmen. Merkwürdig bleibt aber die Übereinstimmung, welche in mehreren der verwandten Sprachen eine gleichbedeutende Präposition mit der pronominalen Locativ-Endung *in* zeigt ⁽¹⁾.



[Gelesen am 21. December 1826.]

Zur Bezeichnung des Verhältnisses woher dient im Sanskrit der fünfte Casus, nämlich der Ablativ, welcher sich von dem Lateinischen Ablativ wesentlich und vortheilhaft dadurch unterscheidet, dafs er in seiner Bedeutung enger begränzt, und somit für sich verständlicher ist, auch nicht der Begleitung von Präpositionen bedarf, während der Lateinische, die entgegengesetztesten Bedeutungen in sich vereinigend, zugleich das wo und woher, und aufserdem das instrumentale Verhältnifs wodurch zu bezeichnen fähig ist, aber eben wegen dieser Vieldeutigkeit meistens der näheren Bestimmungen durch Präpositionen bedarf. Der Ablativ ist im Sanskrit der Gegensatz des Accusativs, und bezeichnet den Ort, wovon eine Bewegung ausgeht, wie dieser das Ziel ausdrückt, wohin die Bewegung oder was als Bewegung gedacht wird, die Wirkung einer Handlung gerichtet ist. Die Städte-Namen haben sich im Lateinischen auf dem Standpunkte der älteren Grammatik behauptet, und an ihnen wurde die Kraft der Casus-Endungen noch zu lebhaft gefühlt, als dafs sie sich einer unnützen Überladung mit Präpositionen konnten gefallen lassen. Aufserdem begegnen sich noch der Lateinische und Indische Ablativ in Constructionen mit Comparativen, und hier steht der Ablativ des übertroffenen Gegenstandes ganz an seinem Platze, und es ist nicht nöthig, sich ein ausgelassenes *prae* hinzuzudenken und den Abl. davon regieren zu lassen; denn in dem Mafse, um welches ein Gegenstand gröfser oder besser ist als ein anderer, entfernt er sich von demselben, und die Entfernung von einem Orte auszudrücken, ist des Ablativs älteste Bestimmung. Im Hebräischen, dem es an einer Comparativ-Form gebricht, erhält jedes Adjektiv comparative Bedeutung, wenn dem übertroffenen

(1) Im Sanskrit gibt es keine Präposition, welche *in* bedeutet, auch war sie überflüssig, sobald sich eine ihre Bedeutung übernehmende Casus-Endung entwickelt hatte.

Gegenstand die Präposition *min* von, vorgesetzt wird, und sogar im Sanskrit können Positive durch einen beigefügten Ablativ comparative Bedeutung annehmen (¹); beides ist natürlich, denn wer groß ist, von einem anderen an gerechnet, ist größer als dieser. Ganz im Einklange mit seiner primitiven Bestimmung steht auch im Lateinischen, bei Dichtern, der Ablativ nach Participien, um das Verhältniß aus, woher auszudrücken, wie *deo natus*, *ovo prognatus eodem*, wo man im Sanskrit ebenfalls den Ablativ setzen würde.

Da die Ursache, warum etwas geschieht, als der Ort angesehen werden kann, wovon eine Handlung ausgeht, so steht der Indische Ablativ, ohne aus seiner Urbestimmung herauszutreten, auch zur Bezeichnung einer Ursache. Der Ablativ trifft in diesem Falle in seiner Bedeutung mit dem Instrumentalis zusammen, der dasselbe Verhältniß zu bezeichnen fähig ist, weil die Ursache auch als das Werkzeug der Vollbringung angesehen werden kann; es ist daher *tēna* gleichbedeutend mit *tasmāt*. Es wäre ein natürlicher und leicht zu begreifender Übergang, wenn überhaupt jedes instrumentale Verhältniß durch den Ablativ bezeichnet würde, da der das Verhältniß aus oder woher bezeichnende Ablativ zur Vertretung des Instrumentalis eben so geeignet, als ein primitiver Instrumental unpassend ist zur Bezeichnung des wahren Ablativ-Verhältnisses. Die Sanskrit-Sprache hat aber in ihrem bewunderungswürdigen Form-Reichthum für eine besondere Instrumental-Endung gesorgt, die zwar nicht selten durch den Genitiv ersetzt wird, aber, so viel ich weiß, niemals durch den in Bezug auf die Bedeutung viel näher liegenden Ablativ. Denn wenn z. B. der von Rāwanas verübte Tod so dargestellt wird, daß Rāwanas im Ablativ gleichsam den Ort bezeichnet, wovon der Tod, wie ein sinnlicher Gegenstand, ausgegangen ist, so steht der Ablativ hier an seiner rechten Stelle, und sogar besser als der energischere Instrumentalis, der eine Handlung verlangt, die von ihm verübt werde, und nicht einen Gegenstand, der von ihm ausgehe.

Wenn es die eigentliche Bestimmung der Casusendungen ist, die grammatischen Funktionen der Praepositionen zu übernehmen, und wenn die äußerlichen, räumlichen Beziehungen diejenigen sind, für deren Bezeichnung die Sprache zuerst gesorgt haben muß, so darf der Ablativ, in dem

(¹) S. Anmerkung 12. zu *des Bramahnen Wehklage*.

Sinne, wie er im Sanskrit gebraucht wird, mit Recht als einer der ältesten und natürlichsten Casus angesehen werden. Aber merkwürdig ist es, daß unter den mit dem Sanskrit verglichenen Sprachen die Lateinische die einzige ist, welche eine selbstständige Flexion für diesen Casus bewahrt hat, obwohl mit so veränderter und verschiedenartiger Bedeutung, daß sie am gewöhnlichsten den Instrumentalis oder Locativ bezeichnet, während sie nur selten dazu dient, ihrer Urbestimmung gemäß, ohne Präposition, die Entfernung von einem Orte auszudrücken. Wegen der Seltenheit der Sprachen, die dem Ablativ eine besondere Endung anweisen, und wegen der Vermengung heterogener Begriffe und der Zurückdrängung der Grundbedeutung im Lateinischen Ablativ, ist es natürlich, daß die Definitionen, die man von diesem Casus gewöhnlich aufstellt, seine Urbedeutung mehr ausschließen als in das Licht setzen. Im Griechischen sucht man den Ablativ gewöhnlich in dem Dativ, der zwar sehr in das Gebiet des Lateinischen Ablativs eingreift, aber doch nur da, wo dieser die Grenzen seiner ursprünglichen Bestimmung überschritten hat. Den Sanskritischen Ablativ erreicht der Griechische Dativ nur in Stellen, wie *φόβῳ* oder *εὐνοίᾳ πράττειν τί*, wo im Sanskrit der Ablativ von dem Gesichtspunkt ausgeht, daß die Ursache gleichsam als Ort aufgefaßt wird, wovon die in der Handlung liegende Bewegung ausgeht, während im Griechischen *φόβῳ* und *εὐνοίᾳ* als die Werkzeuge, welche die Handlung hervorbringen, dargestellt werden. Nach Herrmann ist es die Bestimmung des Ablativs, die Ursache, und die des Dativs, die Wirkung zu bezeichnen, und er betrachtet es als einen Überrest der rohen, noch nicht hinlänglich ausgebildeten Sprache, daß das Wirkende und das Hervorgebrachte durch dieselbe Flexion bezeichnet wird. Im Lateinischen soll, seiner Meinung nach, erst in späterer Zeit beim Sing. einiger Deklinationen diesem Übelstande abgeholfen worden seyn. Dagegen liefse sich bemerken, daß gerade in der ältesten Zeit, wie uns die Inschriften belehren, der Lateinische Singular-Ablativ am schärfsten vom Dativ unterschieden ward, und zwar durch eine Endung, für deren Alter uns die auffallendste Übereinstimmung mit dem Sanskritischen Ablativ bürgt.

Im Sanskrit wird der Ablativ Singularis bei Wörtern auf *a* und bei allen Pronominen mit *t* bezeichnet; man könnte aber auch *d* als den ursprünglichen Ablativ-Charakter annehmen, weil harte und weiche End-Consonanten nur nach bestimmten Wohlhau-Gesetzen einander Platz

machen, so daß man bei beugungsfähigen Wörtern nur da, wo sich Endungen anschließen, sehen kann, ob die Stammform ursprünglich mit einem harten oder weichen Consonanten ende. Bei Endbuchstaben grammatischer Formen fällt dieses Mittel, ihre ursprüngliche Gestalt kennen zu lernen, weg, es sey denn, daß aus einer grammatischen Form durch irgend einen charakteristischen Zusatz eine neue Form sich entwickle, wie wenn aus *axipat* (अक्षिपत्) er warf, durch Beilügung eines *a*, das Medium *axipata* entsteht. Man mag aber *t* oder *d* für den wahren Charakter des Indischen Ablativs ansehen, so ist das enge Band nicht zu verkennen, wodurch an denselben der Lateinische Ablativ sich anschließt, wenn man die Gestalt berücksichtigt, in welcher er sich in den beiden wichtigsten Denkmälern der alten Sprache auf der *Columna rostrata* und in dem *Senatus consultum de Bacchanalibus* bei jeder Gelegenheit zeigt. Nur die Unterschrift des letzteren: „*In agro Teurano*,“ macht eine Ausnahme, weshalb sie mir auch verdächtig ist, da sonst jeder Singular-Ablativ dieser beiden Inschriften, ohne Unterschied der Deklination, mit *d* endet, z. B. *praesented sumod dictatored*, *navaled praedad*, *pro magistratud*. Es ist in der That auffallend, daß den alten Grammatikern dieses *d* in seiner ablativen Bedeutung so ganz entgangen ist, indem sie es bloß als einen Zusatz ansehen, welchen nach Quintilian, der auf die *Columna rostrata* verweist, die alten Lateiner den meisten Wörtern beigefügt haben sollen. Auch begnügt sich noch Schneider mit dieser von den Alten gegebenen Belehrung, indem er von einem *d ἐφελευστικόν* oder *paragogicum* spricht, von dem er nicht einmal erwähnt, daß er am Ablativ vorzüglich seine Stelle finde, obwohl schon Adelung in seinem Mithridates auf die alten Ablative auf *d* aufmerksam macht, in denen er, mit welehem Recht, mag hier unentschieden bleiben, eine ächt Keltische Form erkennt.

Die Formen, welche außer den anerkannten Ablativen, in den ältesten Inschriften ein der späteren Sprache fehlendes *d* zeigen, sind nicht so häufig als daß dessen Bedeutung als Ablativ-Charakter dadurch verdunkelt, und die Annahme eines von der alten Sprache dem Schlusse der Wörter gesetzlos beigefügten *d* im geringsten begünstigt werden könnte; doch mag es zweckmäsig seyn, diese Formen in nähere Betrachtung zu ziehen, um zu sehen, welche von ihnen etwa noch in die Reihe der Ablative gestellt werden dürften. Die Präpositionen *extra* und *supra* sind, so oft sie

in dem *S. C. de Bachan.* vorkommen, mit einem schließenden *d* versehen; *extrad* erscheint zweimal und *suprad* dreimal. Auf der *C. R.* kommen diese Präpositionen nicht vor, die sich aber leicht als weibliche Ablative werden darstellen lassen von *extera* und *supera*, mit ausgestoßenem *e*, und mit locativer Bedeutung, wie sie dem Ablativ im Lateinischen zusagt. Es verdient hierbei bemerkt zu werden, daß im Sanskrit nicht selten Substantive, welche einen Ort anzeigen, im Locativ die Stelle einer Präposition vertreten, wenn es darauf ankommt, ein räumliches Verhältniß, genauer als die Casus-Endungen zu thun im Stande sind, zu bestimmen; so werden *samīpé* und *antiké* in der Nähe für bei, und *agré* an der Spitze für vor gebraucht. Auch gibt es im Sanskrit einige Präpositionen, die mit *extrad* und *suprad* insofern übereinstimmen, als sie, vermittelt eines Ableitungs-Suffixes, von primitiven Praepositionen abstammen, und ebenfalls den Ablativ-Charakter an sich tragen, der aber mit adverbialischer Überschreitung seiner Grundbedeutung mehr im Sinne eines Locativs steht, wie *adhastât* unter oder adverbialisch unten, *purastât* vor oder vorn. Von diesen Ableitungen aus den gleichbedeutenden *adhas* und *puras* ist weder der Nominativ noch irgend ein anderer Casus, außer dem Ablativ, im Gebrauch, dagegen hat *adharât* unten oder unter von *adhara-s* der untere, eine vollständige Deklination.

Wenn man in Erwägung zieht, daß das Indische *a* im Lateinischen häufig in der Gestalt von *i* erscheint, und daß selbst das Lateinische *a* unter gewissen Bedingungen einem *i* Platz macht, und wenn man ferner berücksichtigt, daß das Indische privative *a* im Lateinischen die Form *in* angenommen hat, so wird man leicht in *inferus* das Sanskritische gleichbedeutende *adharas* wieder erkennen, so wie *infimus* an *adhamas* sich anschließt. Die Verwechslung des *dh* mit *f* kann keinen Anstoß geben, da diese leicht begreifliche Vertauschung nicht verhindert, das Indische *dhūmas* (धूमस्) Rauch in dem Lateinischen *fumus* wieder zu erkennen, und das Lateinische *firmus* vielleicht mit *dhīras* fest, wovon *dhairjam* die Festigkeit, einerlei Ursprungs ist. Wenig befriedigendes hat für mich die Erklärung von *infer*, *inferus* und *infera*, aus *in* und *fer* von *fero*, welche vor kurzem Herr Lish in einer viel Schätzbare enthaltenden Schrift über die Präpositionen gegeben hat: da *fer* und *ger* im Lateinischen gerade auf die Weise gebraucht werden, wie im Sanskrit jede nackte Wurzel das letzte Glied eines Compositums ausmachen kann, wovon das erste Glied ein Substantiv ist und ein

accusatives Verhältniß ausdrückt. Auch läßt sich kaum begreifen, wie die Präposition *in* in Vereinigung mit *fer* den Begriff unter, unten, der untere zu bezeichnen geeignet sey. Was im Sanskrit das Urelement von *adhas*, *adhara*s und *adhamas* sey, ist schwer zu bestimmen, nur muß ich bemerken, daß *adhamas* nicht wie *infirmus* superlative Bedeutung habe, sondern daß es in seinem Gebrauch von *adhara*s (*inferus*) nicht unterschieden sey.

A. W. v. Schlegel hat in seiner Indischen Bibliothek (Th. 1. S. 362.) die Ansicht aufgestellt, daß *ra* und *ma* in den obengenannten und einigen ähnlichen Bildungen die Verstümmelung der Comparativ- und Superlativ-Suffixe *tara* und *tama* sey; ich habe dieser Ansicht in den Götting. Anzeigen widersprochen, weil ich in den aufgezählten Beispielen eine hinlänglich begründete Steigerung der Bedeutung vermifste.

Zur Unterstützung der Schlegelischen Erklärung liefse sich jedoch anführen, daß im Lateinischen die uralten Steigerungs-Suffixe in der Gestalt von *ter* und *timus* sich ebenfalls gerne mit Präpositionen verbinden, und daß *timus* bei abgeleiteten Adjektiven, wie *maritimus*, *legitimus*, auf seine steigernde Kraft verzichtet, wie dieses auch *ter* in Adverbial-Formen wie *audacter*, *publiciter* thut, nach deren Analogie die Präpositionen *praeter*, *subter* und *inter* gebildet sind. Ich habe mich anderswo ausführlicher über diesen Gegenstand ausgesprochen (¹), und muß hier noch erwähnen, daß seitdem Jacob Grimm sehr scharfsinnig auch an Germanischen Präpositionen, wie *astar* und *hindar* im Altdeutschen, das aus dem Orient mitgebrachte Comparativ-Suffix nachgewiesen hat (Wiener Jahrb. 1824. Bd. 28. S. 31 u. ff.). Wenn aber in den Indischen Formen *adhara*s und *adhamas* Steigerungs-Suffixe enthalten sind, was mir jetzo weit glaubwürdiger als früher erscheint, so möchte ich lieber *dhara* und *dhama* durch eine kleine Lautveränderung aus *tara* und *tama* entstehen lassen, was um so annehmbarer ist, da ja auch allem Anscheine nach *prathamas* der erste das Superlativ-Suffix, welches sich an die Präposition *pra* vor angeschlossen hat, nicht in seiner gewöhnlichen Gestalt, sondern mit dem Zusatze der Aspiration zeigt. Ist die angegebene Erklärung richtig, so trifft das als Stamm übrig bleibende *a* mit dem Demonstrativ-Stamme zusammen, woraus *a-tus* von da, *a-smai* diesem und einige andere Casus entspringen, welche die Grammatiker dem Prono-

(¹) Heidelb. Jahrb. 1818. S. 479 ff.

nomen *idam* aufgebürdet haben, dessen Deklination ein buntes Gemisch von Stämmen, die in der Bedeutung übereinstimmen, darbietet. Merkwürdig bleibt überhaupt im Sanskritischen Sprachstamm das innige Ineinandergreifen der Pronominal- und Präpositions-Stämme, die sich beide der Herleitung von den allgemeinen Wurzeln nicht fügen, unter sich aber einen engen Bund geschlossen zu haben scheinen, so daß in den Casus-Endungen, welche aufser dem Nominativ und Vocativ sämtlich räumliche Verhältnisse auszudrücken haben, dennoch in mehreren Casus statt angefügter Präpositionen die Stämme von Pronomina sich wahrnehmen lassen. Im Lateinischen und Gothischen stehen sich die Präposition *in* und der Pronominal-Stamm *i* sehr nahe; *inde* von da scheint die Präposition *in* zu enthalten, das erste Element ist aber seiner Bedeutung nach demonstrativ, und wenn man *inde* mit dem aus dem Pronominal-Stamme *u* fließenden *unde* vergleicht, so begreift man, wie *i* durch Hinzuziehung eines *n* die Gestalt der Präposition gewinnen kann. Niemand bezweifelt die Verwandtschaft des Lateinischen *in* mit dem Griechischen $\acute{\epsilon}\nu$, allein hier liegt der Radikal-Theil des Wortes offenbar in dem bloßen $\acute{\epsilon}$, welches gleichsam seine Deklination hat und verschiedene räumliche Verhältnisse andeutet, je nachdem es die Endungen σ , $\sigma\omega$ oder ν sich aneignet. In Verbindung mit den Suffixen $\mathcal{D}\alpha$ und $\mathcal{D}\epsilon\nu$, wovon ersteres locative, und letzteres ablative Bedeutung hat, tritt die demonstrative Natur von $\acute{\epsilon}\nu$ ganz deutlich hervor, und man wird daher die Formen $\acute{\epsilon}\sigma$ oder $\epsilon\acute{\iota}\sigma$, $\acute{\epsilon}\sigma\omega$, $\acute{\epsilon}\nu$, $\acute{\epsilon}\nu\mathcal{D}\alpha$ und $\acute{\epsilon}\nu\mathcal{D}\epsilon\nu$ als eine Art von Deklination des Stammes $\acute{\epsilon}$ ansehen, und $\acute{\epsilon}\nu\mathcal{D}\epsilon\nu$ dem Sanskritischen *a-tas* zur Seite stellen dürfen, welches von hier, von diesem bedeutet, und auch häufig im Sinne eines Ablativs bei Comparativen erscheint.

Von pronominaler Herkunft erkläre ich auch die Lateinischen Präpositionen *cis*, *citra* und *ultra*, die sich wie dieser und jener einander entgegenstehen, und beim ersten Blick als Correlative sich zu erkennen geben. Die Bedeutung *jenseits*, die letzteres als Adverbium hat, weist uns zu seiner Erklärung so nothwendig an das Pronomen *ille*, daß ich mich wundere, wie Hr. Lish, der mehrere Präpositionen mit Scharfsinn erläutert hat, an der Deutung von *ultra* so sehr scheitern konnte, daß er an die Indische Präposition *ut* auf verschlagen wurde. Die Verwechslung zwischen *i* und *u* ist im Lateinischen eine so gewöhnliche Erscheinung, daß in dieser Beziehung das Verhältniß von *ultra* zu *ille* keinen Anstofs geben kann, und es bietet

sich, woran Vossius erinnert, die veraltete Form *olle* als Vermittelungsglied dar; auch begreift sich leicht die Abwerfung des einen *l* zur Vermeidung der Anhäufung von drei Consonanten.

Schwerer als von *ultra* ist die Erklärung von *cis* und *citra*. In Erwägung ihrer Bedeutung diessseits und des darin enthaltenen Gegensatzes zu *ultra* muß eine Erklärung aus einem Demonstrativ-Stamme am erwünschtesten scheinen. *Hic*, dessen Stamm *hi* mit *hu* und *ho* wechselt, will sich zur Erklärung von *cis* nicht gut fügen, denn obwohl *h* nach bestimmten Gesetzen in *c* übergeht, wie *tractum* aus *traho*, *vectum* aus *veho* (Sansk. *vahámi* वहामि), so ist doch kein zuverlässiger Grund vorhanden, am Anfange eines Wortes, ohne äußerliche Veranlassung, eine Ersetzung des *h* durch *c* zu erwarten, wenn gleich das Sanskritische Neutrum *hríd* (हृद्) Herz im Lateinischen die Gestalt *cor*, in der Grundform *cord*, angenommen hat. Es wird also wohl zweifelhaft bleiben, ob *cis* und *citra* vom Stamme *hi* ausgegangen, oder aus dem Relativ- und Interrogativ-Stamme *qui*, dessen *qu* mit *c* wechselt, entsprungen seyen. Der Gebrauch des Relativs statt des Demonstrativs kann nicht befremden, wenn man erwägt, daß bei Homer der Artikel mit dem Relativ noch identisch ist. Im Sanskrit läßt zwar das Relativ *ja-s*, *já*, *jat* (यत्, य, यत्) keine Verwechslung mit irgend einem demonstrativen Pronomen zu, allein das Interrogativum, welches *ka* und *ki*, und in einigen adverbialen Formen *ku* als Stamm zeigt, und den Lateinischen Stämmen *qui*, *quo* und *cu* zum Vorbild dient, kann auch mit Ablegung des interrogativen Sinnes Einer bedeuten, und in Verbindung mit der Partikel *tshit* (चित्) heißt *kas-tshit quisquam*, *kin-tshit quidquam*. Es ist also aller Grund vorhanden, an einer Entstehung von *ci-s* und *ci-tra* aus dem Relativ oder Interrogativ keinen großen Anstoß zu nehmen. Das *s* von *cis* ist Endung, gleichsam ein Casus-Charakter, wie im Gothischen *mis* mir, *thus* dir, oder eine adverbiale Endung, wie in *bis* aus *divis*, wovon das *i* zum Stamme gehört, wie auch im Sanskrit *dvi* Grundform ist, woraus *divis* zweimal entspringt. Auch zeigt sich *bi* als radical in den Zusammensetzungen, wie *bigemmis*, *bilinguis*, und es verdient die veraltete Form *uls* für *ultra* einer Beachtung (*uls Tiberim*), indem hier, wie bei *cis*, das bloße *s* als Endung steht, und *uls* sich zu *ultra*, wie *cis* zu *citra* verhält. Die Form *citra* bedarf zu ihrer Entstehung nicht der Vermittelung von *cis*, sondern an den Pronominal-Stamm *ci* schließt sich unmittelbar das Suffix *tra*; *citra* stimmt zu

ultra, wie *citimus* und das Adverbium *citime* am meisten diesseits, bei Priscian, zu *ultimus*. Es wird sich kaum bestreiten lassen, daß auch *ceterus* durch ein eignes Familienband an *cis*, *citra* und *citimus* sich anschliesse; in Bezug auf das Suffix verhält es sich zu *citimus* wie im Sanskrit *kataras* wer von zweien zu *katamas* wer von vielen; in Bezug auf den Vocal, wie im Lateinischen *quis* zu *quem*; in Bezug auf die Bedeutung ist *ceterus* ein wahrer Comparativ des Demonstrativs, denn der Übrige, Andere ist der über das Dies hinausgehende.

Um nun zu dem Alt-Lateinischen *d* zurückzukehren, bemerken wir, daß im *S. C.* zweimal *sed* statt des Accusativs *se* steht; außerdem kommt aber dieses Pronomen in unseren beiden Inschriften nicht vor, und es verdient berücksichtigt zu werden, daß an diesen einzigen Stellen *sed* nach *inter* steht, so daß man, um nicht einen Accusativ auf *d* zuzulassen, mit Hrn. Lisch annehmen könnte, daß *inter* in der älteren Sprache den Ablativ regiert habe, der wegen seiner locativen Bedeutung nach *inter* ganz passend stünde. Es hätte aber auch an sich nichts befremdendes, wenn in der alten, wie in der klassischen Sprache, Accusativ und Ablativ der drei geschlechtslosen Pronomina gleich lauteten, *me*, *te* und *se* sind ihrer Form nach mehr ablativer als accusativer Natur, da sie das Kennzeichen *m* entbehren, welches man in den Sanskritischen Formen *mām* mich und *tvām* dich nicht vermisst. Merkwürdig ist es auch, daß im Sanskrit die Ablative *mat* und *tvat* in Zusammensetzungen als Grundform gebraucht werden, so daß das *t* jedes Casusverhältniß ausdrücken kann, oder so angesehen wird, als gehörte es zum Stamme, z. B. *mat-putras* mein Sohn (wörtlich: der Sohn meiner), *mad-duhitā* meine Tochter. Da also das *t* oder *d* schon in der frühesten Sprachperiode sich daran gewöhnt hat, in anderen Funktionen denn als Ablativ-Charakter zu erscheinen, so wäre es wenig befremdend, wenn es im Alt-Lateinischen sich auch im Accusativ festgesetzt hätte, und auch in der späteren Sprache die Form des Accusativs von der des Ablativs ausgegangen wäre, indem beide Casus von einem früheren *d* sich losgesagt hätten.

Aus dem Adverbium *facilumed* für *facillime* im *S. C.* (*ubi facilumed gnoscier potisit*) möchte ich nicht den Schluss wagen, daß den ähnlich gebildeten Adverbien in der alten Sprache ein *d* zukomme, da man auf den *C. R.* *bene*, und nicht *bened* liest, so daß die beiden einzigen Formen

dieser Art, welche die alten Inschriften aufweisen, in ihrer Form sich widersprechen. Ganz unterdrücken kann ich aber doch nicht die Vermuthung, daß *facitumed* aus *facitumod* entstanden seyn könne, und daß überhaupt Adverbia auf *e*, von Adjectiven zweiter Deklination, ihrem Ursprunge nach Ablative seyen, in denen ein *e* einem früheren *o* Platz gemacht, durch eine ähnliche Verwechslung, wie die, welche *volim* in *velim*, *voster* aus *vos* in *vester* umgestaltet hat (Schneider Th. 1. S. 12.). Zu Gunsten der Annahme, daß die Adverbia auf *e* in einer über unsere Denkmäler hinausreichenden Periode *o* statt *e* gehabt haben, sprechen aber noch die vielen adverbialischen Ablative, wie *raro*, *perpetuo*, und der Umstand, daß es ganz natürlich ist, daß irgend ein Casus der Adjective auf *us* regelmäsig mit adverbialer Bedeutung gesetzt werden konnte, wie im Sanskrit alle Adjective auf *a-s*, die den Lateinischen auf *u-s* entsprechen, in ihrem Accusativ adverbialisch gebraucht werden können, wie *sighram* schnell, *nijam* beständig. Hiermit vergleichen sich die Adverbia, wie *perpetuum*, *parum*, *minimum*, *ceterum*, während der Ablativ einen ausgedehnteren Gebrauch bei Adverbien gewonnen hat, denen zugleich auch die Abwesenheit aller Casus-Endung zugesagt, wie die Formen auf *ter* und *tim* zeigen, von den Steigerungssuffixen *ter* oder *terus* und *timus*, indem der Abfall der Casuszeichen auch den Endvocal der Grundform mit sich fortgerissen hat. Es giebt Adverbial-Endungen, die für bestimmte räumliche Verhältnisse charakteristisch sind, und allen Anspruch darauf hätten, in der Deklination einen Platz zu finden, wenn sie, wie die anderen Casus, an allen beugbaren Wörtern vorkämen, und wenn sie nicht zuweilen die ihnen angewiesene Gränze der Bedeutung überschritten. Von dieser Art ist das Suffix *tus* in *coelitus*, *funditus* u. s. w., welches aber in Ableitungen von Adjectiven, wie *humanitus*, *divinitus*, seine Urbedeutung verlassen hat. Im Sanskrit zeigt das entsprechende Suffix *tas* meistens, wie der Ablativ, die Entfernung von einem Orte an, vertritt bei Pronominen häufig die Ablativ-Endung, und scheint sogar aus dieser entstanden zu seyn. Was aber verhindert, die Endung *tas* in die Deklination aufzunehmen, ist der Umstand, daß sie häufig ihre Urbestimmung vergißt, und mit locativer, und sogar mit accusativer Bedeutung vorkommt; ferner daß *tas* nicht an allen beugungsfähigen Wörtern die Stelle der Ablativ-Endung vertreten kann, und besonders von Adjectiven ausgeschlossen ist. Da nun, wie aus dem Gesagten hervorgeht, die meisten Lateinischen Adverbia ent-

weder Casus-Endungen enthalten, oder Suffixe die sich im Sanskrit wiederfinden, so müssen wir auch aus diesem Grunde vorziehen, in dem adverbialen *e* lieber die Verwechslung mit einem anderen Vocal, als eine dem Lateinischen allein eigenthümliche und von ihm selbstständig erzeugte Endung zu suchen, in welcher das schließende *u* des Adjektiv-Stammes untergegangen sey.

Die Stelle des *S. C. qui arvorsum ead fecisent* ist diejenige, in welcher mir das *d* am unerklärlichsten scheint, weil man nicht begreift, wie es an dem Plural des Neutrums sich rechtfertigen läßt. Grotefend schließt aus dieser Stelle und dem oben erwähnten *inter sed*, dafs in der alten Sprache, aufser den Ablativen und Adverbien, wie *facilumed*, ein *d* bei den mit Präpositionen verbundenen Pronomina stehe (Größere Gramm. B. 2. S. 305.); allein da *sed*, wie mir scheint, befriedigend als ein mit dem Ablativ identischer Accusativ sich erklärt, und keine Stelle dieser Inschriften uns die Annahme aufdringt, dafs man ohne Präposition nicht ebenfalls *sed* sage, so kann ich bei *arvorsum ead* das *d* unmöglich dem Einflusse der Präposition zuschreiben. Auch wäre es in der That etwas sehr Auffallendes, wenn im Alt-Lateinischen gewisse Casus nach Präpositionen anders gelautet hätten, als wo sie allein stehen, oder wenn diese befremdende Erscheinung blos an den Pronomina sich gezeigt hätte. Viel lieber möchte ich, wenn eine nur einmal vorkommende und an keine allgemeinere Analogie sich anknüpfende Form, die ja aus diesem Grunde von dem Verdacht eines Versehens des Künstlers nicht fremd ist, zu einer Folgerung berechtigen oder zwingen kann, aus *arvorsum ead* den Schluss ziehen, dafs in der alten Sprache die Pronomina ihr Neutrum auch im Plural durch ein *d* auszeichneten, dafs man sagte: *ead, illad, aliad*, wie man im Singular *id, illud, aliud* sagt, und nicht *i* oder *e, illu, aliu*, was der Analogie von *facile* und *cornu* gemäß seyn würde. Zur Annahme, dafs auch andere nicht pronominale Neutra im Plural ein *d* angefügt haben, ist durchaus kein Grund vorhanden, und die Schreibart *privileciad* für *privilegiu*, in der siebenten Gesetztafel, daher höchst verdächtig.

Der Plural *ead* bleibt also neben dem nicht ganz genügend erklärten *facilumed* die einzige Form, wo nach dem Zeugniß der ältesten Inschriften, die alte Sprache, in Bezug auf das ihr eigenthümliche *d*, das Gebiet des Ablativs überschreitet; dagegen steht in der standhaften Bezeichnung des

Singular-Ablativs durch *d* das Lateinische eine Stufe höher oder alterthümlicher als das Sanskrit, weil hier nur die Pronomina und alle Stämme auf *a* für den Ablativ eine eigenthümliche Endung haben, die aber bei andern Wörtern erloschen ist und durch den Genitiv vertreten wird, so daß das Sanskrit auf halbem Wege dem Griechischen entgegen kommt, welches durch seinen Genitiv, wiewohl meistens mit Beihülfe von Präpositionen, wie ἐκ, ἀπό, παρά, aber auch ohne Präposition, das Verhältniß des Indischen Ablativs ausdrückt, in Sätzen wie Εἶπε, Διὸς θυγάτηρ πολέμου καὶ δριότῆτος. Im Plural hat der Indische Ablativ, wie der Lateinische, eine gemeinschaftliche Endung mit dem Dativ, nämlich *bhjas* (ःपि). Man wird also, wenn man die Griechische Sprache als Muster aufstellen, und in ihrer Armuth an Casus-Endungen eine treuere Bewahrung des Urzustandes erkennen wollte, dennoch nicht behaupten können, daß auch im Sanskrit die Losscheidung des Genitivs vom Ablativ, oder umgekehrt die des Ablativs vom Genitiv, eine Folge späterer Entwicklung sei; denn wäre dieses der Fall, wären Ablativ und Genitiv ihrem Ursprunge nach Eins, und der Ablativ-Charakter *t*, welcher der ersten Deklination und allen Pronominen eigen ist, eine Entartung des Genitivzeichens *s*, so liefse sich nicht begreifen, warum nicht auch in den beiden Mehrzahlen das Gebiet des Genitivs und Ablativs in einander greife, und wie das Alt-Lateinische in seiner Ablativform so auffallend mit dem Sanskrit übereinstimmen könne. Ich finde in dieser Übereinstimmung den Beweis, daß diese Endung schon vor der Sprachspaltung bestanden habe, und die Wahrscheinlichkeit, daß das Sanskrit ursprünglich alle seine Singular-Ablative durch *t* bezeichnet, und etwa *agnit* oder *agnét* aus *agni* Feuer, *madhut* oder *madhót* aus *madhu* Honig, gebildet habe.

Was den Ursprung des Ablativ-Charakters anbelangt, so muß ich bemerken, daß es im Sanskrit keine Präposition gibt, durch deren Verwachsung mit dem Stamme der Charakter *t* erklärt werden könnte: von (als Entfernung von etwas) heißt *apa* (ἀπό) und *ava*, und aus heißt *uir* und *wahis*. Letzteres steht oft in Verbindung mit dem Ablativ, um nachdrücklicher zu bezeichnen, was der Ablativ für sich allein auszudrücken vermag; *uir* und *ava* stehen in Konstruktionen mit dem Ablativ nur als Präfixe vor dem Verbum, und zwar so, daß sie ohne Nachtheil der Deutlichkeit ebenfalls entbehrt werden könnten, z. B. *rathád ava-plutja* vom Wagen herabge-

sprungen seyend, *nagarād nirganja* aus der Stadt herausgegangen seyend. Wir werden also den Ablativ in die Klasse derjenigen Formen stellen müssen, wovon Herr W. v. Humboldt sehr scharfsinnig bemerkt, daß sie da eintreffe, wo der Gebrauch eine Wortform ausschließlich zu einer bestimmten grammatischen stempelt, ohne daß sie weder durch Anfügung noch durch Beugung etwas gerade dieser Charakteristisches an sich trägt⁽¹⁾. Wenn aber gleich das Ablativzeichen *t* nicht seinem Ursprunge nach die Entfernung von einem Orte ausdrückt, sondern nur vom Sprachgebrauch zu dieser Verhältnißbestimmung gestempelt wurde, so glaube ich doch, daß es darum nicht für bedeutungslos angesehen werden dürfe, wenn es gleich etwas bedeuten sollte, was eben so gut einem jeden anderen Casus angeschlossen werden könnte. So wie das Accusativzeichen *m* seiner Natur nach nicht die Richtung nach einem Orte bezeichnet, sondern wie früher gezeigt worden, nur ein belebendes, zur Persönlichkeit erhebendes Zeichen ist, so erkenne ich in dem *t* des Ablativs das wesentliche Element unseres Pronominalstammes *ta*, den wir, seines Vocals beraubt, bereits im Nominativ und Accusativ gen. Neutr. der Pronomina als Flexion wahrgenommen haben. Mit dem Nominativ- und Accusativ-Charakter des Neutrums der Pronomina stimmt auch das ablative *t* insofern überein, daß es in einem besonderen Falle, nämlich bei den Pronomina der beiden ersten Personen, vom Genius der Sprache wie zum Stamme gehörend angesehen wird, da es an dem ersten Gliede der Composita, wo sonst nur die reinen Grundformen stehen, beibehalten wird. Zu beachten ist auch, daß das *t* des Ablativs mit dem der Pronominal-Neutra im Lateinischen insofern gleiches Schicksal gehabt hat, daß es an beiden Stellen sich zu *d* erweichte.

In der Flexion des Genitivs Sing. zeigt sich der angehängte Demonstrativ-Stamm in derselben Gestalt wie beim Nominativ, nämlich als *s*. Da wir aber das *s* als lebendiger, personifizirender als das *t* erkannt haben, so könnte man daran Anstoß nehmen, daß nun dieses *s* auch in einem der obliquen Casus wahrgenommen wird, von denen es sich gänzlich losgesagt zu haben schien. Es kommt uns aber in dieser Beziehung die Ansicht Hermann's zu statten, der den Genitiv höher stellt als den Nominativ, der sich

(1) Abhandlungen der hist. philolog. Klasse aus den Jahren 1822 und 1823 S. 415.

zu jenem wie ein Accidens zur Substanz verhalte. Ich möchte diese Behauptung nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gelten lassen, da ich im grammatischen Sinne dem Nominativ seine Herrschaft über den ganzen Satz nicht streitig machen kann, denn auf ihn bezieht sich das Verbum, wodurch von dem durch den Nominativ bezeichneten Subjekt ein Urtheil ausgesprochen wird. Allein es bleibt nicht minder wahr, daß in logischer Beziehung nicht selten der ganze Nachdruck der Rede auf dem Genitiv beruht; so daß er recht eigentlich als das geistige Subjekt sich darstellt, von dem die Rede ist, und in welchem der grammatische Nominativ als Ergänzungsbegriff gleichsam untergeht. Es ist also ein Grund vorhanden, dem Genitiv eine ausgezeichnete Form vor den übrigen obliquen Casus zu geben, und mit ihm den Demonstrativ-Stamm in seiner energischeren Form zu verbinden, die sonst nur dem Nominativ zusagt, über den aber der Genitiv nicht selten ein geistiges Übergewicht sich annahmt. So wenig also der Ablativ das Verhältniß woher durch seine Form wirklich ausdrückt, so wenig ist im Genitiv, der sich grammatisch an dasselbe Verhältniß anknüpfen liefse, die Abhängigkeit von einem anderen Nomen, zu dessen näheren Bestimmung er dient, wirklich ausgedrückt, sondern blos die Persönlichkeit des durch ihn bezeichneten Gegenstandes, und der Sprachgebrauch hat die besondere Form, wodurch diese Persönlichkeit angedeutet ist, zu einer der wichtigsten grammatischen Bestimmungen berufen.

Der Form nach ist im Sanskrit der Genitiv vom Nominativ meistens nur unwesentlich unterschieden, z. B. ein schließendes *i* und *u* erhalten die sehr gewöhnliche Verstärkung, welche Guna genannt wird, so lautet der Stamm *bhānu* Sonne im Nominativ *bhānu-s* und im Genitiv *bhānó-s*. Einem schließenden Consonanten wird ein *a* als Bindevocal beigegeben, und da das Indische *a* im Griechischen meistens durch *ε* vertreten wird, so ist *pad-as* vom Stamme *pad* Fuß gewissermaßen identisch mit dem Griechischen *πεδός*. Der Nominativ von *pad* ist identisch mit der Grundform, weil es dem Indischen Lautsystem widerspricht, daß zwei Consonanten ein Wort schließen, so daß eine Form *pads* oder *pat-s* unmöglich ist. Das Griechische und Lateinische geben in einem solchen Falle lieber den Endbuchstaben des Stammes als den Casus-Charakter auf; denn da *δ* oder *τ* ohnehin am Ende der Wörter nicht geduldet werden, so ward es dem Griechischen um so

leichter, das δ von $\pi\epsilon\delta$ dem Nominativ-Charakter ϵ aufzuopfern und den Stamm für den Ausfall des δ durch die Erweiterung des Vowels einigermaßen zu entschädigen.

Die Sanskritischen Stämme auf a , die den Griechischen auf o entsprechen, haben eine vollere Genitiv-Endung als alle übrige Wörter, nämlich ञ (*sja*) statt eines bloßen s ; von dem Demonstrativ-Stamme *ta* kann daher der Genitiv *ta-sja*, welchem das Homerische $\tau\epsilon\acute{o}$ am nächsten steht, wobei $\tau\epsilon$ dem Stamme, und \acute{o} für $\sigma\iota\omega$ der Endung anheim fällt. Ich fühle mich vollkommen überzeugt, daß die Griechischen Genitive zweiter Deklination nur deswegen des Casuszeichens ϵ ermangeln, weil hier das Σ ursprünglich nicht wie bei der ersten und dritten Deklination am Ende stand, sondern wie *ta-sja*, *síta-sja* und ähnliche Formen im Sanskrit, noch einen Vocal nach sich hatte. Am Ende hat sich im Griechischen das Σ eben so standhaft behauptet, als es in der Mitte zwischen zwei Vocalen sich gerne verdrängen liefs. Wenn man das Griechische mit dem Sanskrit vergleicht, so findet man unter den grammatischen Formen des letzteren keine einzige mit einem schließenden s , welches sich in der entsprechenden Griechischen nicht erhalten hätte, es sey denn dafs es in ν übergegangen wäre, wie $\mu\epsilon\nu$ aus $\mu\epsilon s$, eine Form, die uns einen unübersehbaren Wink gibt, um den Zusammenhang der Dual-Endungen 2. $\tau\epsilon\nu$ 3. $\tau\epsilon\nu$ mit dem Indischen 2. *tas* 3. *thas* zu begreifen. Viel zahlreicher aber sind die Formen, wo das indische schließende s im Griechischen unverändert geblieben ist. Der Stamm *bhrú* (Fem.) die Augenbraue, hat im Griechischen durch Vorsetzung eines o die Form $\acute{o}\phi\rho\upsilon$ gewonnen; dem Nominativ *bhrús* gleicht das Griechische $\acute{o}\phi\rho\upsilon s$, dem Genitiv *bhrúvas* das Griechische $\acute{o}\phi\rho\upsilon\epsilon s$, dem Plural-Nominativ, Vocativ und Accusativ *bhrúvas* gleicht $\acute{o}\phi\rho\upsilon\epsilon s$ und $\acute{o}\phi\rho\upsilon\alpha s$; den Formen *abhús* du warst, *adús* du gabst, entspricht $\acute{\epsilon}\phi\upsilon s$, $\acute{\epsilon}\delta\omega s$, und in *abhatvas*, *adadús* spiegelt sich das Griechische $\acute{\epsilon}\phi\upsilon\epsilon s$, $\acute{\epsilon}\delta\acute{\iota}\delta\omega s$. Um aber Formen, wie $\tau\epsilon\acute{o}$, $\alpha\upsilon\tau\acute{o}\epsilon\upsilon$, $\lambda\acute{o}\gamma\epsilon\upsilon$ zu erklären, wird man am besten zu anderen Formen gleichen Ausgangs seine Zuflucht nehmen, deren Ursprung bekannt ist. Wie $\acute{\epsilon}\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\epsilon\upsilon$ aus $\acute{\epsilon}\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\eta\sigma\epsilon$, $\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\epsilon\upsilon$ aus $\tau\acute{\upsilon}\pi\tau\epsilon\upsilon\sigma\epsilon$ entstanden, so konnte $\lambda\acute{o}\gamma\epsilon\upsilon$ aus $\lambda\omicron\gamma\omicron\sigma\iota\epsilon$ durch eine ähnliche Ausstofsung des Σ , und aus $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\iota\epsilon$ durch Verdrängung des ι , $\lambda\acute{o}\gamma\epsilon\sigma$ sich entwickeln, welches sich zu $\lambda\acute{o}\gamma\epsilon\upsilon$ zusammenziehen mußte. Im Lateinischen erinnert die Pronominal-Endung *jus* ebenfalls

an das Sanskritische *sja*, indem *jus* durch Umstellung aus *sju* entstehen konnte; man vergleiche *cu-jus* mit *ka-sju* wessen?

Die Feminina, deren Stämme auf *á*, *i* und *ú* enden, und nach Willkür auch die mit schließendem kurzen *i* und *u*, knüpfen im Sanskrit das genitive *s* ohne Noth durch einen Bindevocal an den Stamm, und zwar nicht durch das früher erwähnte kurze *a*, sondern durch ein langes *á*, was ich aus der Neigung der Feminina zu volltönenden langen Vocalen erkläre. Keine Sprache trifft in dieser Genitiv-Bezeichnung der Feminina so genau mit dem Sanskrit zusammen als das Gothische, denn wenn man berücksichtigt, daß das Indische lange *á* im Gothischen regelmäßig als langes *ó* erscheint, so wird man die weibliche Genitiv-Endung *ós* bei Ulphilas als das vollständigste Abbild des Indischen *ás* erklären dürfen.

Im Plural bietet das Sanskrit *sám* als die vollständigste Form der Genitiv-Endung dar, welche durch das *s* mit der entsprechenden Endung des Singulars zusammenhängt, und durch die Sylbe *ám* sich davon unterscheidet. Diese volle Genitiv-Endung *sám* haben aber nur die Pronomina bewahrt, den übrigen Wörtern ist von *sám* blos *ám* geblieben, wozu sich das Griechische *ων* wie *ἐδίδων* zu *adadám* ich gab, verhält; man vergleiche *padám* (पदं) mit dem gleichbedeutenden *ποδῶν*. Wenn das Germanische selbst schon in der Gothischen Form im Genitiv Pluralis den schließenden Nasal entbehrt, so steht es doch dadurch mit dem Sanskrit in überraschendstem Einklang, daß die Pronominal-Genitive Pluralis ihre Endung mit einem Zischlaut anfangen, der den Substantiven entgeht; man vergleiche *thizé* (*horum*) aus *this + é* und *thizó* (*harum*) aus *this + ó* mit den gleichbedeutenden Indischen Genitiven *té-sám* und *tá-sám*, und dagegen *ahman-é* mit *át-mán-ám* (*animarum*). Im Lateinischen wird, wer die häufige Verwechslung des *s* mit *r* berücksichtigt, leicht in der Endung *rum* das Indische *sám* wieder erkennen, und daher *quarum*? mit dem gleichbedeutenden *ka-sám*, wie *pedum* mit *pad-ám* zusammenstellen. Im Dual lautet die Sanskritische Genitiv-Endung *ós* (mit langem *ó*).

Der Locativ hat im Dual eine gemeinschaftliche Endung mit dem Genitiv, im Plural hingegen ist er, wie im Singular, vom Genitiv unabhängig, und hat die eigenthümliche Endung *su*, deren Ursprung sehr im Dunkeln liegt. Die Identität des Genitivs und Locativs im Dual erregt jedoch

die Vermuthung, daß auch im Plural die Endung *su* mit der Genitiv-Endung *sám* verwandt seyn oder sich daraus entwickelt haben könnte. Einen merkwürdigen Vergleichungspunkt in Bezug auf den Plural-Locativ bietet das Littauische dar, dessen Endung *sa* oder *se* von dem Indischen *su* nur wenig verschieden ist, z. B. *awi-sa* in den Schafen, *aszaro-sa* in den Thränen, *diewu-se* in den Göttern, entsprechen den gleichbedeutenden Indischen Formen *awi-s'u*, *asru-s'u*, *dewé-s'u*.



Über
geographische Stellung und horizontale
Ausbreitung der Erdtheile.

Von
H^{rn}. C. R I T T E R.

~~~~~  
[Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 14. December 1826.]

Seitdem man sich gewöhnte, die Erde nicht mehr nur an sich als einen mathematischen, sondern (nach J. Newton's Vorgange) auch als einen von Naturthätigkeiten bewegten und erfüllten physikalischen Körper zu betrachten, dessen Entwicklung und Bildungstheorie als Leiter der fernern mathematischen Erforschung der Erdgestalt dienen mußte, wodurch dieser Forschung selbst eine neue Richtung gegeben ward, geschahe zugleich der größte Fortschritt zur Erkenntniß der Erde in allen ihren Theilen. Die verschiedenartigsten Erscheinungen auf diesem Planeten erhielten ihre Erklärung durch die grofsartigen, aber einfachen Attractionsgesetze: jene zeigten sich, als Resultate, an sich sehr mannichfaltiger, aber harmonisch vereinter Wirkungen, der verschiedensten, sowohl nahen als fernabstehenden, nur scheinbar unzusammenhängenden und zerstreuten, dennoch aber unablässig und gleichmäfsig auf den Erdball, wie gegenseitig auf einander einwirkenden Glieder des gesammten Sonnensystems.

Die Erde, nur ein Glied dieses Sonnensystems, besteht für sich wieder als eignes System von Erscheinungen, unter welchen auch die vielfache Sonderung ihres Umfangs und die scheinbare Zerstreung oder Sammlung ihrer verschiedenartigen Theile durch benachbarte oder entferntere Räume die Natur ihrer Oberfläche mannichfaltig bedingt hat. Jeder ihrer noch so

gesonderten Theile liegt gleichfalls nicht wirkungslos und nur zufällig fern von oder neben dem andern, sondern steht im Zusammenhange mit ihrem Gesammtem; jeder hat, als mitwirkendes Glied, seinen nothwendigen Antheil an dem geschlossenen Ringe des ganzen Erdsystems, das eben dadurch zum besondern Planeten ward, mit eigenthümlicher Anordnung und in allen seinen Theilen und Verhältnissen eigenartiger Wirksamkeit.

In dieser Anordnung, welche in den leblosen wie in den zugehörigen belebten Theilen dieses Erdsystems, auch zu dessen Natur und Geschichte ihren Beitrag gibt, ist wesentlich ein eigenthümliches, ein tellurisches Element, nämlich ein anderes vorhanden, als in der Einrichtung der vereinzelt, von ihm abgelösten unorganischen wie organisirten irdischen Naturkörper insbesondere. Es ist ein eigenthümlicher Organismus des Planeten in seiner Gesammtheit sichtbar, der über die bloße Raumerfüllung und die Grenze der unorganisirten Naturkörper hinaus, das Gebiet der Vegetation wie der lebenden Organismen durchdringt, und in das Reich der geistigen Thätigkeit derselben gestaltend und bedingend eingreift.

In den Gesammterscheinungen der Natur und der Geschichte treten die Einwirkungen dieser tellurischen Anordnung des Planeten und seiner Verhältnisse überall hervor, da er zum Schauplatz der Natur und ihrer Kräfte, wie zum Träger der Völker von Anfang an eingerichtet ward, als Heimath, Wohnort und temporäre Entwicklungsanstalt für das Menschengeschlecht, das ohne diese Bedingung nicht gedacht werden kann.

Die Auflösung dieses allgemeinen Verhältnisses in seine Besonderheiten ist die Aufgabe der Wissenschaft; jedes besondere Verhältniß gewinnt dadurch seine Bedeutung für Betrachtung und Leitung in Beziehung auf das Allgemeine und Individuelle; die einfachsten, unscheinbarsten Verhältnisse treten dadurch in ihrer allgemeinsten Wirksamkeit hervor.

Zu diesen gehören unstreitig die bloß räumlichen Ausbreitungen der Rinde des Planeten, nach ihren natürlichen Abtheilungen, über welche es erlaubt sei, einige Bemerkungen mitzutheilen.

Die ungleiche Vertheilung der Länder- und Wasserflächen über den Erdball ist längst beachtet worden, man hat das quantitative Verhältniß der

rigiden und der flüssigen Form, welche die Planetenrinde überdeckt, wenigstens durch annähernde Vermessung und Schätzung des Areal zu berechnen gesucht, weil der ganze Länderbesitz damit zusammenfiel; man hat sich bemüht, das Ganze wie das Einzelne mit mehr oder weniger Vollständigkeit zu beschreiben. Weniger, scheint es, ist man auf ihre Figuren, Gestaltungen, Stellungen und auf deren gegenseitige Verhältnisse, sowohl der Ganzen als der Theile, aufmerksam gewesen, obwohl eben hierin seit der ersten Anlage merkwürdige Keime und Bedingungen wirklich schon realisirter, oder im Fortgang begriffener Entwicklungen aller Art verborgen liegen mußten, für einen mit Naturkräften erfüllten, und an seiner Oberfläche überall mit lebendigen Organismen bedeckten Planeten. Aufser den so auffallenden climatischen Unterschieden, welche bekanntlich diese Vertheilungen treffen, die niemals übersehen werden konnten, ergibt sich aber eben so unmittelbar, daß jedem Raumverhältnisse an sich, von Thätigkeiten erfüllt gedacht, nothwendig auch Zeitverhältnisse entsprechen, welche von jenen Stellungen, Figuren, Gestaltungen abhängig sind, wodurch allein schon ein mannichfaltiges System von Erscheinungen, in Berührungen, Trennungen, Wanderungen, Wechselwirkungen, nach dem Nebeneinander- oder Auseinanderliegen der Theile, und nach der Zeitfolge ihrer Ein- und Gegenwirkungen, statt finden mußte. Eben so unmittelbar ergibt sich, daß jeder physikalischen Bedingung dieser oder anderer Art eine Folge in dem Hergang der Dinge, eine historische Entwicklung nach außen oder innen, im Besondern oder Allgemeinern entsprechen konnte, oder mußte.

Nur einige dieser räumlichen Verhältnisse, welche in den horizontalen Dimensionen und Verbreitungen liegen, wollen wir hier beachten, und die verticalen Dimensionsverhältnisse später zu entwickeln suchen, mit denen man sich, im Besondern schon vielfältig beschäftigt hat, ohne jedoch jene gehörig dabei zu berücksichtigen, obwol sie die Grundlagen von diesen ausmachen.

## I. Contrast der Land- und Wasser-Halbkugel.

Einige Beobachter haben schon die Aufmerksamkeit, auf die ungleichartige Vertheilung der Länderflächen, im Gegensatze der Wasserflächen geleitet, indem sie zeigten, daß jene mehr den Nordpol der Erde umlagern als den Südpol, und mehr gegen unsern Osten zusammengedrängt sind, als gegen den Westen.

Aus diesem Doppelverhältniß der Vertheilung, ergiebt sich, bei Berücksichtigung des Vorherrschens der starren und flüssigen Form, von selbst, die Anordnung einer nordöstlichen Landhalbkugel und einer noch größern südwestlichen Wasserhalbkugel, welche wol den größten Contrast auf dem Erdballe bilden; ein Verhältniß das man (mit Erweiterung des Begriffs der Benennung, Erdkreis, im Sinne der Alten), mit dem Gegensatze des großen Erdkreises und des großen Wasserkreises bezeichnen könnte, so daß von einer continentalen wie von einer pelagischen Seite des Erdplaneten die Rede sein kann. Die gegenseitige Begrenzung beider Kreise, welche sich nicht durch eine bloße Linie bezeichnen läßt, sondern durch eine breite Zone, die über Wasserflächen und Gestadeländer hinziehend, leicht sich selbst ausweist, umkreiset den ganzen Erdball, und durchsetzt den Äquator, in Nord-Ost der Mosambikstraße, und am Küstenmeere von Peru, etwa in einem Winkel von 45 Grad. In der Mitte der nördlichen Landhalbkugel, oder dieses großen Erdkreises, liegt der, durch seine gesteigerte Civilisation alle andern Erdräume beherrschende Theil von Europa, durch möglichst vielseitigste Berührung mit der großen Continentalform des Planeten, in dem Mittelpunkte der größten Wirksamkeit, mit der am weitesten gewonnenen Sphäre seiner historischen Einwirkungen und Entwicklungen.

In die Mitte der Wasserhalbkugel, oder jenes großen Wasserkreises, wurden dagegen die australischen Gestade und Inselgruppen, ganz außerhalb aller natürlichen, frühzeitig entwickelnden, Berührungen mit dem großen Kreise der Continente gestellt, daher jene Völker, unsre Antipoden, nothwendig erst nach den vollendeten Kunstmitteln oceanischer Schiffahrt, also nach dem Ablauf der Weltgeschichte von Jahrtausenden, mit hereingezogen

werden konnten, in den Kreis allgemeinerer Civilisation. Bloß ihre räumliche Stellung auf dem Planeten bewirkte dieses Verhältniß, so wie die merkwürdige Aneignungsfähigkeit Europa's, für die Mannigfaltigkeiten der übrigen Landwelt, und die frühere Zeitigung universeller Cultur zu rückwirkender, allgemeinerer Ausbreitung, bis zum äußersten Ring des Landkreises, wenigstens mitbedingt ward, durch diese centrale Stellung zum Planeten, oder durch die Weltstellung des Theiles zum Ganzen.

Durchaus verschieden von der Lage der zerstreuten und außer des Zusammenhangs gestellten Austral-Länder, ist die, der nur scheinbar gleichartig auseinander liegenden Gebiete anderer Erdtheile, wie Amerika's, Afrika's und eines großen Theils von Ost-Asien. Der Landhalbkugel zugehörig, liegen diese wirklich der gemeinsamen Mitte, räumlich, weit näher; doppelartig günstige Formen von Land- und Wasserverbindungen verschiedenster Art, drängen sie, der Zeit nach, noch näher gegen den großen Schauplatz des gemeinsamen Weltverkehrs, welcher sich, in jeder Hinsicht zuerst, und am ergreifendsten in der Mitte der Landhalbkugel, dem Boden der alten Weltgeschichte, nur entwickeln, und von da die Sphäre seiner Wirkungen erweitern konnte. Daher tragen auch fast alle Ländertheile der Landhalbkugel in ihren Erscheinungen, Produkten, Bevölkerungen, Sagen, Denkmalen und Geschichten, wenigstens analoge Spuren jener Einwirkung eines allgemeineren frühesten Zusammenhangs, desto mehr, je näher sie der gemeinsamen Mitte stehen, desto weniger, aber individualisirter in allem, je weiter davon entfernt und den Enden des großen Erdkreises angehörig; sie scheinen dagegen den vom Continente unberührten fernen Inselländern der Wasserhalbkugel die man nicht etwa noch Nachbarinseln derselben nennen kann, gänzlich zu fehlen.

In dieser Hinsicht sind nur die äußersten Südgestade der Continente von Südamerika und Südafrika, mit, zum isolirteren Gebiete der Australländer zu zählen, nicht bloß, weil sie über jene Begrenzungslinie hinausragen in das vom Ocean vorzugsweise beherrschte Gebiet, sondern weil ihnen auch, durch die ihnen im Rücken liegenden, ungünstigern Gestaltungen ihrer Oberflächen, nicht die Vortheile des allgemeineren Landzusammenhanges zu gute

kommen konnten. Wenn sie auch nicht ganz die Natur isolirter, oceanischer Inseln annehmen konnten, so gehören sie doch jenem Gürtel, oder der großen Zone von Gestadeländern an, welche die Wasser- und die Landwelt des Planeten scheidet. Ein Gürtel von vielfach verengten, theilweis oder ganz zerrissenen, abgesprengten und vereinzelt Gliedern, oder Inseln, ringsum die äußere oder die oceanische Peripherie der Landhalbkugel, ein Kranz welcher nur an zwei Stellen, in verschiedenen Breiten ganz durchbrochen ist: Einmal in der größten Annäherung zum Südpol, durch den breiten äthiopischen Ocean zwischen Cap Horn und dem Cap der guten Hoffnung, und Einmal, in der größten Annäherung gegen den Nordpol, durch die enge Behringsstraße zwischen NO. Asien und NW. Amerika. In der gleichartigen Gesamtstellung dieses Gürtels von Gestadeländern, des einzigen in seiner Art auf der Erde, an der Peripherie der Landhalbkugel, gegen den großen südlichen Wasserkreis des Planeten liegt das gemeinsame Verhältniß ihrer Abwendung von der continentalen Seite der Erde, ihrer Übergänge und Annäherung an das Charakteristische der oceanischen Südwelt, wogegen die Unterschiede, welche die climatischen Abwechslungen in diesen Gürtel bringen, sich nur wie Arten zu Gattungen verhalten. Es fallen in diesen Kranz der Gestade, die Südenden von Amerika, Südafrika, über Madagaskar hin, die Südenden Hinterindiens mit den Sundischen Inseln, die vulkanreichen Inselzüge am Ostgestade Asiens entlang, über Japan hin, bis Kamtschatka, Alaschka, NW. Amerika, Californien und am vulkanreichen Westgestade Amerika's zurück, bis wieder gegen das Südende dieses Erdtheils.

Der Contrast dieser eigenthümlichen Gegeneinanderstellung, ganz verschiedenartig überzogener, größter Breiten des Planeten, die vorherrschend mit dem feuchten oder trocknen Elemente bedeckt sind, scheint für dessen Organisation gleiches, ja noch überwiegendes Gewicht zu haben, wie dessen mathematischer Contrast des Nordens und Südens an beiden Polen, und wie dessen klimatischer, den man mit dem Ausdruck der Einen Tropenwelt und der beiden Polarwelten, bezeichnen kann.

Von diesen dreifachen, sich in ihren Berührungslinien und Mittelpunkten merkwürdig durchkreuzenden und gegenseitig bedingenden Gegen-

sätzen, beruht der erstere nur auf der eigenthümlichen, horizontalen Ausbreitung der festen und flüssigen Form; also auf dem einfachsten Verhältnisse, ist aber von einem das Ganze beherrschenden Einflusse, der selbst das beweglichste und unbestimmbarste, die den Erdball umschwebende Luft-hülle unmittelbar berührt, und wie die Sonne durch Licht und Wärme so durch die Feuchtigkeit immerfort umbildet und gestaltet. Denn die eine Hälfte derselben, mit dem Übermaafs des Feuchten erfüllt, erhält den oceanischen Wolkenhimmel mit den hängenden Meeren; die andre Hälfte mit dem vorherrschend trocknen, klaren, continentalen Lufthimmel, wölbt sich, vorherrschend über das Maximum der trocknen Ausbreitungen hin, wie jene die Mitte des Wasserkreises beherrschen, indefs ihre allgemeinsten und regelmässigen Ausgleichungen über der grossen Zone der Gestadeländer zu suchen sind in welche z. B. die Region der Monsune fällt u. a. m. Mit der Bedingung des klimatischen Gegensatzes ist durch diesen Contrast des Feuchten und des Trocknen, der aus der allgemeinen Weltstellung der doppelten Formen hervorgeht, das allgemeinste Verhältnifs der grünen Bekleidung der Erde bezeichnet.

---

## II. Die Gruppierung der Erdmassen.

Ein zweites, von dieser allgemeinsten Vertheilung beider Hauptformen des Festen und Flüssigen, ganz verschiednes Verhältnifs, ist das der Gruppierung der Erdmassen an der Planetenoberfläche, die in ihrer rigiden Gestalt, von der Mitte nach ausen, wie die Blüthenseite des planetarischen Gewächses sich zur Atmosphäre hin, dem Sonnenlichte entgegen hob, und als Fruchtboden voll der mannichfaltigsten Keime von Entwicklungen, mit der Schönheit der Landschaft überzogen, vielartig sich entfaltetete, und auf sehr verschiedene Weise zur Entwicklung höherer Bildungen sich aufschlofs.

Diese Gruppierung begreift zwar, jene, im Nordosten vorherrschend gewordne Masse der Continente mit in sich, zeigt aber aufserdem noch, das für Länderbildung wichtig gewordne Phaenomen der Massenanhäufung gegen

die gemeinsamen Mitten, und der Sonderung und Zerspaltung, an den Umsäumungen der Peripherien.

Der Erdglobus zeigt, wie den nördlichen Polarkreis die beiden großen Vesten der Alten und Neuen Welt in großen Breitenausdehnungen, bis über den 70<sup>ten</sup> und selbst bis gegen den 80<sup>ten</sup> Grad nördlicher Breite umlagern, wo ihre auslaufenden Landspitzen und Vorgebirge, sich einander bis auf geringere Strecken begegnen, ja, wie zwischen NO. Asien und NW. Amerika beinahe bis auf Tagereisenbreite gegenseitig berühren. Dieser weiten Ausbreitung gegen den Norden, ist überall nach dem Süden hin, die Verengung der Continente entgegengesetzt, ein Contrast von Ausdehnung und Zusammenziehung im Allgemeinen wie im Besondern, vorherrschend im Großen, und bis zum Kleinen sichtbar.

Das Verlaufen aller einzelnen Erdtheile gegen die nicht arctischen Seiten, zumal aber gegen den Süden, in keilförmig sich verengende Enden Halbinseln, Glieder, zeigt sich auf jedem Globus sogleich; gegen die Wasserhalbkugel hin, bilden nur noch schmale Vorländer und endlich nur Inseln in sporadischer Zerstreung die letzten Repräsentanten der Continentalform, bis auch diese im Gebiete des freien Oceans fast in bloße Klippen zersplittert sind, oder gänzlich verschwinden.

Eben dieser Gegensatz der Ausdehnung und Zusammenziehung nach Mitte und Enden, mit dem strahligen Auseinandergehen der Erdflächen von einem gemeinsamen, aber doppelt in die Alte und Neue Welt gesonderten Stamme, gegen die Glieder hin, gibt der Gesamtgruppierung ihren Hauptcharakter, der für das Ganze wie für die Entwicklung aller untergeordneten Gruppen und Ländertheile, von dem entschiedensten und dauernden Einflusse gewesen, und durch das, zum räumlichen Drittheil größere Übergewicht der Gewässer über die trocknen Flächen, noch überall gesteigert und verstärkt werden mußte.

Aus dieser Gruppierung ergibt sich, daß die arctischen Länderbreiten, eben daher, auf dem Erdkreise, überall einander räumlich benachbart geblieben sind: sie zeigen darum auch, unter den verschiedensten Längengraden, minder verschiedenartige Erscheinungen, als andre, mit ihnen unter

gleichen Erdmeridianen, aber viel weiter auseinander gerückt liegende Lokalitäten der Erde. Sie stehen, wie es scheint, einander geognostisch sehr nahe. Die organischen Bildungen sind durch einander mehr genäherte Formen und einfachere Verhältnisse bedingt, zeigen in den beiden getrennten Haupttheilen der Alten und Neuen Welt, mehr verwandte und gleichartige Gruppen als sonst wo, und selbst die Ausbreitung der Völkerschaften, welche zu ähnlichen Familien und Stämmen gehören, mußten sich diesem nähern Verwandtschaftsgrade der arctischen Anordnung fügen.

Aber nicht nur die arctischen Enden der Erde überhaupt, sondern alle gegen den Norden vorragende Enden der Erdtheile insbesondere, weil sie mehr der gemeinsamen Mitte zugestreckt liegen, blieben, unter sich in nähern Verwandtschaftsgraden ihrer Gesamterscheinungen als die Süden den der Erdtheile, die überall durch verhältnißmäfsig weitere Meeresstrecken auseinandergerückt sind, und darum unter den verschiedenen Meridianen, eben so vielfach sich unterscheidende, in sich abgeschlossene und von den andern charakteristisch verschiedene Welten von Erscheinungen darbieten, wie dies nicht nur die Süden den der drei großen Erdtheile, Amerika, Afrika, Asien zeigen, sondern auch wieder im Besondern die vereinzelt Süden den des tropischen und östlichen Asiens und die des temperirten Europa's. Denn überall zeigen hier die Längenabstände der Länder, vom Aufgang zum Niedergange, fast eben so viele verschiedenartige Ländersysteme, mit allen hiezu gehörigen Erscheinungen, so, dafs nicht blos nach den Breiten der Erde, sondern auch nach ihren Längenabständen spezifische Unterschiede in den Bildungen und Productionen der Planetenstellen sich zeigen.

Das strahlige Auseinanderlaufen und die Gliederung des Umkreises der Landhalbkugel, hat mehr natürliche Abtheilungen und Unterschiede, die von der doppelten Form des Festen und Flüssigen bedingt werden mußten, an den äußeren Enden der Gruppierung festgestellt, als gegen ihre gemeinsame Mitte. Darum mußte auch schon, ohne den hinzutretenden klimatischen Unterschied, der indess das seinige zur Steigerung des Charakteristischen beitrug, dort, die gröfsere Mannichfaltigkeit contrastirender, in

sich abgeschlossener Ländersysteme mit eigenthümlichen Charakteren hervortreten, zu denen die Übergänge mehr oder weniger fehlen; da hingegen, nach der gemeinsamen Ländermitte, die gänzliche Verschiedenartigkeit abnimmt, mehr übergreifende Verhältnisse aller Art eintreten können, Übergänge nach allen Seiten nicht bloß im Climatischen möglich wurden, und so der Schauplatz der classisch gewordenen Weltgeschichte, derjenige war, welcher in doppelter Hinsicht, durch seine Stellung zur Gesamtgruppierung aller Landschaften der Erde vorgebildet war, zu der Bestimmung die er erfüllt hat, zur Ausgleichung des Contrastirenden der Länderräume, in physikalischen und historischen Erscheinungen.

Die eigenthümlichen Vortheile, welche aus dieser großen Anordnung der horizontalen Länderbreiten, nach einer gemeinsamen Ländermitte, die demnach durch die mehr harmonische Auflösung contrastirender Verhältnisse charakterisirt erscheint, für die bezeichnete Planetenstelle und ihre allgemeinere Entwicklung hervorgingen, würden indefs, wie in den partiellen Mitten der Erdtheile geschehen ist, größtentheils wieder verschwunden sein, wenn die Ausbreitung der continentalen Mitte vollkommen, das heißt ohne alle Unterbrechungen ausgefallen wäre, und dadurch die nordöstliche Landhalbkugel in ihrem Maximum des Vereins, des merkwürdigen Ineinandergreifens beider Formen beraubt hätte, welches zu der mannigfaltigsten Entwicklung der centralen Länderbreiten, eben so nothwendig war, als zur reichsten Ausstattung ihrer äußern Umsäumung.

Wie die physikalische Erscheinung überall die mathematische Construction bedingt, so ist auch hier die Zusammenschiebung der Continente nicht vollkommen ausgefallen, sondern, selbst in der Mitte der großen Gruppierung unterbrochen. Diese wassererfüllten Unterbrechungen welche wir Meerengen, Straßen, Buchten, Golfe, Mittelländische Meere, selbst Theile des Oceans nennen, wie das Nordeismeer und der nördliche Atlantische Ocean, sind bei aller Größe dennoch gegen die völlig freien Gewässer der von allen Seiten offenen Wasserhalbkugel nur als eingeeengte Wasserbehälter, als eingeschlossene Mittelmeere, als continental, zu betrachten, im Gegensatz der vorzugsweise freien und offenen oceanischen

der südlichen Wasserwelt. Denn obwol diese Meere einander ganz gleichgestellt zu werden pflegen, so haben sie doch als zweierlei Klassen mehr entgegengesetzte Verhältnisse und Eigenschaften, die vorzüglich aus dieser räumlichen Stellung hervorgehen. So z. B. in dem, was den Wassern ihr Leben gibt, und bei Betrachtung der Raumverhältnisse charakteristisch für sie wird, in der Bewegung. Indefs die einen, nach aufsen freiliegenden den allgemeinsten Gesetzen derselben in ihrer Regelmäßigkeit folgen, nehmen die andern, wegen der mannichfach sie unterbrechenden Hemmungen, entweder gar nicht an der allgemeinen Fluthenbewegung Theil, wie die Binnenmeere Europa's und andere, oder zeigen verschiedene, von den allgemeinen erst abgeleitete Erscheinungen wie die Nordsee, oder, wenn auch die unmittelbaren Fluthenbewegungen noch auf sie einwirken wie auf den breiten Kanal des Atlantischen Oceans, dennoch eine, dem allgemeinen Rotationsstrom im freien Ocean von Ost gen West geradezu entgegengesetzte, allgemeine Bewegung von Amerika gegen Europa hin, woraus sich allein schon deutlich genug ergibt, wie, durch die Stellung der Gewässer gegen die Ländergruppen, auch ihre Natur bedingt werden mußte; denn der Art und Weise der Bewegung folgt die Umwandlung vieler andern Verhältnisse der Gewässer nach.

Diese durchbrechenden Meeresstraßen, mit ihren eigenthümlichen hin- und herwogenden Bewegungen und Strömungen, haben die völlige Abscheidung der gemeinsamen Ländermitte von der oceanischen Südwelt, und der großen äußern Gestadezone, theilweise wieder aufgehoben, zumal gegen den Westen hin, und so den europäischen Erdtheil dem oceanischen Weltverkehr, der Zeit nach (durch Fortbewegung auf dem flüssigen Elemente) weit näher gerückt als der Raum es gestattete, wodurch die Lage dieses Erdtheils vor allen andern ausgezeichnet ist, indem sie die Vortheile des centralen mit denen der peripheren Länderstellung vereinigte. Gleichartige Vertheilungen, größere Isolirungen und andre Stellungen der Erdtheile über das Rund des Planeten, würden die Bedingungen zu ganz verschiedenartigen Entwicklungen auf demselben gewesen sein.

Mit der eigentlichen Trennung der Landhalbkugel in zweierlei Hauptstämme der Alten und Neuen Welt, und deren untergeordnete Sonderung, in die vier größern Welttheile, ist, für die großen Durchbrüche oder die continentalen Meere die günstigste Form der einander benachbarten Gegengestade auf weite Küstenlinien hin erzeugt, durch welche die Nordwestenden der Alten Welt und die Nordostenden der Neuen Welt ganz besonders ausgezeichnet sind, eine Küstenform deren weckender und bereichernder Einfluss, weit über ihre unmittelbar räumliche Grenze hinaus, sich von selbst ergibt, wenn man auch nur an die Gegengestade denkt, unter deren begünstigendem Einflusse die Völker der Alten Welt, die Phöniciier, Ägypter, Griechen, Karthager u. s. w. standen, an die des Scandinavischen Nordens, und die der Neuern Zeit in Westeuropa und Nordostamerika.

Diese Küstenform ist aber, bis auf kurze nur im einzelnen begünstigte Strecken, dem äußern Saume der Landhalbkugel versagt, kommt nur dortigen Inselgruppen zu gute, nicht aber den Continenten, die zu weit auseinander gerückt sind, um wechselsweis leicht erreichbare Gegengestade zu bilden, für die Bewegungen der Gewässer, die Strömungen, die Winde, für die Wanderungen der Thiere, der Floren, der Völker und der Kulturen. Nur die vollendetste Schifferkunst konnte die Südenden des Planeten verknüpfen.

Alle diese Hauptverhältnisse, hängen nur allein von der eigenthümlichen Anordnung der Ländergruppen und der Wasserflächen, oder von jener Vertheilung und Gruppierung in Bezug auf das Ganze des Erdrundes ab, und eine große Reihe allgemeiner und besondrer Erscheinungen, die im Einzelnen sich leicht verfolgen lassen, findet, für alle Unterordnungen der Länder, in den besondern Verhältnissen, die aus diesen allgemeinen der horizontalen Dimensionen unmittelbar hervorgehen, ihre hinreichende Erklärung.

---

### III. Stellungen der einzelnen Erdtheile.

Ganz andre Erscheinungen haben die, von jener allgemeinen Anordnung verschiednen, aber mit ihr vereint wirkenden, besondern Stellungen und Ausbreitungen der einzelnen Theile der Erde gegeneinander, bedingt.

Europa, das kleinste Festland, von dem großen durchbrochenen Ringe der Continente umgeben, und Australien die größte Insel, vom freien Ocean umflossen sind die Nord- und Südländer in der Mitte der Erd- und Wasserkreise, der continentalen und pelagischen Seite des Erdplaneten. Europa wäre dieser Stellung gemäß, im Maximum der vereinten Continente, der continentalste aller Erdtheile vorzugsweise zu nennen, der Übergang, das Verbindungsglied Aller zu Allen. Auch der historischklassische Boden des westlichen Vorderasiens und der Umsäumung Nordafrikas, nehmen ihren Antheil an dieser Weltstellung, in deren Mitte das reichste Gegengestade des Mittelländischen Meerbeckens sich ausbreitet. Der Einfluß dieses Erdraums auf den Kulturgang der ganzen Erde und ihrer Bewohner, für die Nähe und weiteste Ferne, ist bekannt und mitbedingt durch diese in ihrer Art auf dem Erdrund nicht zum zweiten Male wiederkehrende, unstreitig günstigste Vertheilung der Räume und Formen. Von jeder andern Erdstelle, könnte man, den äußern Umständen gemäß, die nothwendig längere Dauer und die noch größern Schwierigkeiten und Hemmungen durch räumliche Bedingungen für solche Entwicklung universeller Civilisations- und Kulturverhältnisse, der Analogie gemäß wohl nachweisen, und die gleich alten Kulturanstreben ähnlicher Art in andern Lokälitäten, welche bei der reichlichsten Mitgift doch der Anlage für die universelle Entwicklung entbehrten, wie in der indischen und chinesischen (Kultur) Welt, scheinen darauf hinzuweisen, daß, wie überall das Unsichtbare in seinen Wirkungen an gewisse Schranken der Erscheinung gebunden ist, auch der Entwicklungsgang der Bewohner der Erde in einer gewissen Harmonie mit der Organisation der irdischen Heimath steht, der sie unmittelbar angehören.

Eine allgemeine cosmische Anordnung in der räumlichen Stellung der Erdtheile nach Licht und Wärmevertheilung, Auf- und Untergang der Ge-

stirne, hat seit ältester Zeit die Aufmerksamkeit der Völker erregt, und durch den Hergang der Geschichte auch historische Benennungen erhalten, welche in ihrer Art große Züge zur Charakteristik der Räume angaben, die hier nur anzudeuten, und für das Ganze zu erweitern sind. Seit alter Zeit betrachteten die Völker der Erde Asien als das gemeinsame Morgenland, nannten Europa das Abendland, und bezeichneten, durch die Weltstellung nach der Sonnenbahn, diese Erdräume selbst als Gegensätze mit den bekannten Namen Orient und Occident, welche in allen Erscheinungen dieser Räume ihre Anwendung finden. Zwischen beiden, mehr südwärts liegt das Land der Äthiopen, Afrika, gleichartig zu beiden Seiten des Äquators, der wahre heiße Süden des Erdballs, der am Südpol nicht zu suchen ist, sondern in der Erleuchtungsmitte des Planeten, wie die helle, heiße Mitte des Tages zwischen Morgen und Abend.

Zu diesen Dreien bilden die Nachtseite der Erde, nach den Ansichten der Alten, oder die weiten Ausbreitungen der Nord-Polarländer den wahren cosmischen Gegensatz: denn am Südpol, dem mathematischen Gegensatze des Nordpols, findet sich keiner, weil dort das Gebiet der Wasserwelt und ihrer Erscheinungen ist.

Amerika bildet in seinem weitem Abstände den ganzen Westring des großen Erdkreises, und muß, da Europa nur für eine verschwundene Durchgangsperiode als der Occident der Alten Welt erscheinen konnte, und seine Bestimmung als Übergangsglied des Ganzen erfüllt hatte, das jüngere Ziel der Völkerbestrebungen werden, die Neue Welt, das Abendland, im Gegensatze der Alten Welt, die ihr schon zum Morgenlande geworden ist.

Keines dieser historischen Verhältnisse mit der Fülle der zugehörigen Erscheinungen und Entwicklungen, konnte, weil ihm die räumliche Basis mangelt, dem australischen Süden zu Theil werden, dessen Festland in seiner Isolirung, einer Insel des Oceans gleicht, und so nur, als das größte Gestadeland der südlichen Wasserwelt, seinen Beitrag zum Allgemeinen zu geben, berufen zu sein scheint.

Dieser cosmischen Anordnung der Erdräume entsprechen auch Gesamtverhältnisse der Natur und Geschichte, die zum Theil in dem Ent-

wicklungsgänge des Menschengeschlechts sich ausweisen; aber auch die Stellung der einzelnen Länderräume erhält dadurch ihre besondere Charakteristik, und der bedingende Einfluss, den sie unter solchen räumlichen Constellationen, zumal in den merkwürdigsten Übergangsgliedern auf die Entwicklung der Völker und der Begebenheiten ausübten, wäre in den Völkerhistorien einer weit gröfsern Beachtung wohl werth.

Sieht man auf das einzelne der Erdtheile, so zeigen sie in Gröfse, Länge und Breite, Zurundung und Gliederung charakterisch sehr verschiedenartige Verhältnisse ihrer Ausbreitungen die nicht ohne Einfluss bleiben konnten.

---

#### IV. Gröfse.

Dafs Asien der gröfste Erdtheil der Alten Welt war, machte ihn und seine Bewohner von Anfang an fähig, reiche und mannigfaltige Gaben an seine westlichen Nachbarn, die Erdtheile von geringern Umfange zu spenden ohne selbst zu verarmen, und ohne jene, da ihrer zwei verschiedene waren zu denen doppelte Wasser- und Landbreiten führten, zu überfüllen und in ihrer selbständigen Entwicklung aufzuhalten oder zu stören. Dafs Europa an Raum beschränkter war, beschleunigte, im Gegensatz der colossalern Erdtheile, unstreitig, seine mehr harmonische Entwicklung in seinen leichter überschaulichen Raum- Völker- und Staatenverhältnissen, und förderte bei der dadurch nicht minder gesteigerten Regsamkeit seiner Kulturvölker, und der Anweisung ihrer eignen Küstenbildung auf die Gegengestade, Entdeckung und Kolonisirung der übrigen Erde.

Die räumliche Gröfse Amerika's, bei der durch die insularische Natur vermehrten Empfänglichkeit für die Gaben der Alten Welt, und bei der geringern Zahl und Schwäche einheimischer Bevölkerung, sicherte, mit dem Fortschritt der Zeit die Verwandlung desselben in ein transatlantisches Europa, wodurch ein Erwerb der Jahrtausende, aus der gemeinsamen Mitte, in wenig Jahrhunderten, dem weitem Erdkreise zu gute kam. Der sehr

geringe Umfang der australischen Länderbreiten, läßt überall dem oceanischen Weltverkehr, freiere Bewegung und Spielraum als ein weit verbreitetes, armes, so lange Zeit vorhanden geglaubtes, antaretisches Polarland gestatten würde. Der Nachtheil der Lagerung der arctischen Polarländer, wird aber durch ihren geringen Umfang und ihre allgemeinere Zerstücklung, sehr gemindert; ihre Stellung im Ringe der Continente um die gemeinsame Ländermitte (also nicht etwa in unerreichbarer, oceanischer Ferne, sondern in der Nachbarschaft der thätigsten Bevölkerung des Planeten), hat ihren Einfluß auf das Ganze nicht hemmend sondern vielmehr unmittelbar anregend und entwickelnd gezeigt.

Das Verhältniß der Gröfse der Erdräume wird indefs mit dem Fortschritt der Civilisation und ihrer gesteigerten Kunstmittel, überall, wie mehr und mehr jedes physische Element des Planeten als ein untergeordnetes zurücktreten.

---

## V. Verhältniß der Längen- und Breitenausdehnung.

Sehr verschieden ist die Länge und Breite der Erdtheile vertheilt; mehr gleichartig in Afrika und Australien und daher ihr weit zurückliegendes Inneres, zum Theil wenigstens gleichschwer zugänglich von allen Seiten geblieben. Amerika, höchst ungleichartig, wegen weit überwiegender Ausdehnung von Norden nach Süden, gegen die doppelartig wechselnde Breite von Westen nach Osten, und darum bei der ersten Enthüllung sogleich in seiner verengtesten und selbst oceanischzugänglichsten Mitte, beherrscht von der Gewalt der Fremden; an seinen breitem Enden ähnliche Erscheinungen darbietend, wie jene beiden in ihren Mitten zeigen. Asien für sich, noch weit mehr aber mit seiner westlichen Fortsetzung Europa, ist, umgekehrt, von Osten nach Westen in die größte Länge ausgedehnt, und schon allein in diesem Gegensatze der beiden vereinten, alten Kultur-Erdtheile, gegen alle übrigen, zeigt sich eine merkwürdige vorausgebildete Anlage näherer

Verwandtschaft und gegenseitiger Bedingung in allen Naturerscheinungen und Völkerbegebenheiten.

Im ununterbrochenen Zusammenhange sind diese beiden Erdtheile vollkommen um die halbe Erdkugel der Länge nach hingelagert, von Osten nach Westen, fast vom 1<sup>ten</sup> bis über den 200<sup>ten</sup> Grad östl. Länge von Ferroe hinaus. Die Breitenlagerung von Süden nach Norden, ist dagegen, sehr untergeordnet; in Asien, das ganz im Norden des Äquators zurückbleibt, beträgt sie kein  $\frac{1}{4}$  des Erdumfangs, reicht nicht vom Pol bis zum Äquator, in Europa kein  $\frac{1}{6}$ , da die vereinte Längenausdehnung beider gegen  $\frac{1}{2}$  der Erde beträgt.

Ganz das Gegentheil zeigt Amerika's Lagerung, seine gröfsere Ausdehnung von Süden nach Norden, nimmt gegen  $\frac{1}{2}$  des Umfangs der Erdkugel ein, die Ausdehnung von Osten nach Westen, ist dagegen sehr untergeordnet kaum über  $\frac{1}{5}$ . Die Ausbreitungen beider Welten, stehen also in dieser Hinsicht im gröfsten Contraste, und nicht gleichgültig konnten die Folgen sein welche durch diese Naturanordnung in der Ost- und Westwelt bedingt wurden.

Amerika streckt sich daher durch weit mehr Zonen der Erde hin, als Asien; seine einzelnen Länderräume sind durch weit mehr Klimate, der Zahl nach durch doppelt so viele unterschieden, Asien hat von dessen klimatischen Wechselln nur die Hälfte erhalten zwischen Äquator und nördlichem Polarkreis. Amerika hat also eine weit gröfsere klimatische Sonderung seiner Ländertheile zu erleiden; Asien hat bei gröfserer Mannichfaltigkeit seiner Oberflächen dennoch einen gröfsern klimatischen Zusammenhang. Dieser grofse Unterschied der Ost- und Westwelt, würde zu einem schroffen Gegensatz zwischen beiden geworden sein, wenn nicht wieder andre mildernde Verhältnisse (z. B. das vermittelnde Streichen seines grofsen Meridiangebirges der Cordillere von Süden gegen Norden) theilweise einträten. Dennoch mußte dieser klimatischen Sonderung auch die, aller Productionen, so wie die ethnographische Sonderung der Menschengeschlechter folgen, desto mehr, je weniger Fortschritte die Kultur gemacht hatte, um die Hindernisse der Natur durch Kunstmittel und den Fortschritt der Civilisation zu über-

bieten. Asiens gröfsere klimatische Einheit, hat auch die gröfsere Gemeinschaft, die harmonische Entwicklung der Menschheit, auch ohne die Fortschritte der Schiffahrt mit in Rechnung zu bringen, die möglichst innigere Verbindung der Völker, den gegenseitig möglichen Austausch ihrer Sitten, Gebräuche, Ideen, Religionen und überhaupt alle höher gesteigerte Kultur seit dem ersten Anbeginn von ihrer Seite vielfach bedingt und gefördert. Asiens Stammgeschlechter konnten allerdings eher aus der gröfsern klimatischen Einheit einer gemeinsamen Heimath in die klimatische Vielheit des Erdballs übergehn, und sich in Besitz seiner Landschaften vertheilen als umgekehrt. Sie hatten wenigstens bei ihren uns historisch bekannt gewordenen Vertheilungen und Wanderungen, keine vernichtende Contraste zu überwinden, denen, in den entgegengesetzten Richtungen, so viele wohl eher hätten unterliegen müssen; den verwandten Klimaten und Heimathsverhältnissen konnten sie wenigstens nachgehn, es eröffnete ihnen die Alte Welt auf die günstigste Weise, ihren unermesslichen Schauplatz vom Aufgang zum Niedergang. So bildete sich wol in dem östlichen Continent das grofse System des Völker- und Kultur-Fortschritts, in der Richtung von Ost gegen West aus, und zu diesem Ausbreitungsgesetze der Völker und Kulturanfänge, war dieser Theil der Erde, abgesehen von allem übrigen, durch seine räumlichen Ausbreitungen vorbereitet wie kein anderer, indem er jeden Bedarf und Hausrath der Völker den wandernden, wie den sich ansiedelnden Stämmen und Geschlechtern mitgeben konnte.

---

## VI. Zurundung und Gliederung.

Noch bleibt von den allgemeinem auch das Verhältniß der Zurundung und Gliederung der horizontalen Ausbreitungen bei den verschiedenen Erdtheilen zu beachten übrig.

Afrika bietet in dieser Hinsicht die einfachsten Erscheinungen dar; es zeichnet sich unter den drei Erdtheilen der Alten Welt, durch seine fast in-

selartige Abgeschiedenheit von den übrigen aus, nur mit einer sehr schmalen (wahrscheinlich jüngern) continentalen Verbindung, mit Westasien, durch die Landenge Suez. Seine mehr abgeschlossene Erdgestalt, nähert sich einer elliptisch zugerundeten Figur, mit im Ganzen sehr einförmiger Küstenperipherie; der Längendurchmesser dieser Figur, ist dem Breitendurchmesser fast gleich, und eben so klimatisch gleichartig (bis zum 35<sup>ten</sup> Parallel) auf der Nord wie auf der Südseite des Äquators hingestreckt. Ohne tiefere Buchten, Einschnitte oder Meeresarme, ist der Umfang seiner Küstenkrümmung, von etwas über viertelhalbtausend (3800 M.) Längenmeilen, die einförmigste Küstenumsäumung aller Erdtheile, Afrika hat daher seiner insularischen Lage, und seines großen Areals, ungeachtet, verhältnißmäßig die kürzeste Küste unter den Erdtheilen, und sein Binnenland hat durch die kärglichste Gestadeform, die möglichst geringste Berührung mit dem Ocean erhalten.

Asien nur nach drei Seiten vom Meere umflossen, macht in seiner horizontalen Ausdehnung mit Europa gegen Westen hin, noch einen gemeinsamen Stamm aus. Zumal seine Ost- und Südküsten, laufen in weitvorspringende Landzungen, Vorländer und Halbinseln aus, welche als eben so viele, mehr oder weniger, getrennte Glieder des großen und breiten Erdkörpers zu betrachten sind. Von der Halbinsel der Tschuktschen und Kamtschatka, rund um den Erdtheil über Corea, das chinesische Vorland, die beiden Indien, Arabien, auch gegen West hin bis Kleinasien, nehmen diese Gliederformen, welche Afrika gänzlich fehlen, einen sehr bedeutenden Flächenraum ein, und selbst das sibirische Nordgestade hat noch, wiewol im kleinern dort vorzüglich ungünstigern Maafsstabe, dennoch stärkere Buchtenbildung und dadurch mehr und tiefere horizontale Spaltungen erhalten, als die afrikanische Küste. Dennoch bleibt im Binnenlande Asiens, noch immer ein breiter und langer Erdraum übrig, welcher nicht unmittelbar von einschneidenden Meeren und den Einwirkungen ihrer zugehörigen Formen berührt wird, der sich als der eigentliche Stamm des Ganzen zeigt. Dieser geschlossen gebliebene Theil ist dem Areale nach, noch immer sehr vorherrschend vor dem, welches seine Verzweigungen und seine Glieder ein-

nehmen, Afrika bleibt aber nur als Stamm ohne Verzweigung und Gliederung zurück. Der große Einfluss einer so mannichfaltig entwickelten Küstenform, auf den Reichthum und die Vervielfältigung aller Natur- und Völkerverhältnisse des Erdtheils springt von selbst in die Augen; dessen gesammte Peripherie hat, durch diese Gliederung, eine ganz andre Individualisirung und Steigerung aller Verhältnisse gewonnen, für jeden besondern Ländertheil wie für das Ganze.

Europa der kleinste der drei Erdtheile der Alten Welt, ist, seiner horizontalen Dimension nach, am allermannichfaltigsten gestaltet. Verzweigung, Gliederung, Individualisirung seiner Länderräume, und nicht blos seiner Umsäumungen, ist sein Hauptcharakter. Denn sein von Osten nach Westen langgedehnter aber verhältnißmäßig sehr schmaler Stamm, nimmt gegen West immer mehr an Breite ab, und ist durch einschneidende Meeresarme und Mittelmeere, in viele große und kleine Halbinseln getheilt, von denen einige wieder in sich gegliedert erscheinen, z. B. die in dieser Hinsicht ganz einzige und sehr merkwürdige Gestaltung Griechenlands, welches die Gestadebildung in höchster Entwicklung zugetheilt erhalten hat. Nicht nur wie Asien, gegen zwei Meeresseiten, sondern auch noch gegen den polaren Norden, zeichnet diese Zertheilung Europas sich im Alten Continente, charakteristisch aus, so, daß dort, seine zum Theil sehr mächtigen Glieder, völlig im Contraste mit dem benachbarten Asien, zweierlei eigenthümlich gebildete Mittelmeere größtentheils einschließen, die Ostsee und Nordsee. Durch diese charakteristische Trennung und Abscheidung so vieler Theile seines Festlandes, ist die Küstenumsäumung von Europa, zu einer Küstenkrümmung von außerordentlicher Länge geworden. Seine durch ihn eingeschlossenen Binnenmeere, machen etwa die Hälfte des Areals seiner trocknen Länderräume aus. Ungeachtet sein Flächeninhalt etwa dreimal kleiner ist als der von Afrika, so ist die Entwicklung seines Küstenrandes fast um das Doppelte größer (an 5400 geogr. M.), also das zwölffache seiner Landgrenze gegen Asien. Die Küstenentwicklung Asiens, ist allerdings noch um  $\frac{1}{3}$  größer als die von Europa, etwa 7000 Längenmeilen, aber das Areal dieses Erdtheils auch mehr als vier Mal bedeutender. Europa ist daher der

Erdtheil mit der relativ größten Küstenbegrenzung, mit der reichsten Entwicklung der Gestadeform auf der Erde; er ist also der zugänglichste von der Seeseite geworden.

In seiner Gestaltung ist die vollkommenste Ausgleichung und günstigste Scheidung der flüssigen und festen Formen auf dem Planeten realisirt, ohne die Nachteile der völligen insularischen Zerspaltung, die wir, in einem etwa gleich großen Raume wie der europäische, am Südostende Asiens, in der Sundischen Inselgruppe wahrnehmen, welche nur eine Steigerung und Fortschritt derselben Bildung durch noch größere Abscheidung darbietet, und in sofern durch zu große Gliederung den vollkommensten Gegensatz, zum Mangel aller Gliederung wie in Afrika, bildet, zwei Extreme welche ungleichartig und entgegengesetzt auf Naturverhältnisse wirken mußten, aber gleichartig hemmende Formen für die Entwicklung und den Fortschritt ihrer menschlichen Bewohner waren, die dadurch nur bis zur Stufe der bloß continentalen oder bloß litoralen Kultur sich erheben konnten, wie Neger und Malayenvölker gethan. Europa erhielt, in dieser Mitgabe der Küstengestaltung, zu jenen oben bezeichneten Stellungen, noch die Vervollständigung aller räumlichen Naturbedingungen, zur Realisirung des merkwürdigen Factums, daß auf dem kleinsten der Erdräume, sich die größte historische Mannigfaltigkeit im Menschengeschlechte entwickeln konnte, und daß der kleinste die Herrschaft der größten erlangen sollte.

Bei Afrika kann von keinem Verhältniß der Glieder zum Stamme des Erdkörpers die Rede sein, denn diese fehlen dort gänzlich; keine seiner Küsten hat bei dem Mangel günstiger Formen die Verschiedenartigkeiten und Reichthümer anderer Gestadeländer im höhern Maafse erhalten, und alle einheimischen Bewohner dieses Erdtheils, bilden, in ihrer großen Verbreitung gegen diejenigen anderer Erdtheile, eine sehr einförmige Völkergruppe, und sind überall in ihren beschränkteren bloß continentalen Verhältnissen zurückgeblieben. Asien ist, in seinen Länderräumen gegliedert, und zumal gegen Südost und Süd, in die reichsten und größten Halbinseln getheilt, deren jede für sich eine eigenthümliche Welt von Erscheinungen darbietet, die den Erdtheil unerschöpflich bereichert haben (so die Chinesische Welt,

die Hinterindische der Malaien, die Hindostanische, die Arabische, die Kleinasiatische). Aber die ländertheilenden Meere, dringen, bei ihm, doch noch nicht individualisirend bis in die Mitte seines geschlossenen Körpers ein. Diese breite Mitte erhält sich, immer in ungeheurer, fast unabhärrer Ausdehnung; das Areal der Glieder tritt noch immer sehr, gegen die Masse des Erdkörpers zurück. Die Natur und die Völkerverhältnisse entwickelten sich höchst mannichfaltig und jedesmal ganz eigenthümlich auf dem verschiedenartigen Boden seiner Glieder; aber weit einförmiger in der Mitte, und es konnten jene, schon vermöge der großen scheidenden Form in ihrer gemeinsamen Mitte (wenige temporäre Ausnahmen ungerechnet), zu keiner vollkommenen gegenseitigen historischen Vermittlung, Berührung, Verkehr, Austausch der Gaben und Kräfte gelangen, und — das Mittlere Asien blieb noch immer vom Äußern des Erdtheils, vielfach geschieden und gesondert. Bei Europa hat sich das Verhältniß dieser Ländertheile ganz anders gestellt; wenn bei Asien das Areal der Glieder zum Stamm, wie  $\frac{1}{5}$  zu  $\frac{4}{5}$  Theilen betragen mag, so verhält es sich dagegen in Europa, wie  $\frac{1}{3}$  zu  $\frac{2}{3}$  Theilen. Die Glieder haben also, eine weit größere Bedeutung gegen den Stamm gewonnen, sind vorherrschend in ihren mannigfaltigen Bildungen geworden. Dieser tritt in geringerer Masse gegen seine Extremitäten zurück, bringt nirgends Hemmungen, sondern sein Boden ist überall Vermittlung der Gliederung. Die Wirksamkeit der Meere und die Gestadebildung verbreitete dadurch ihren Einfluß auf und durch den ganzen Continent; kein anderer Erdtheil ist ihm darin gleich. Sein Binnenland hat dadurch die größtmögliche Berührung mit dem Ocean erlangt, und die centralen Länder zugleich die Anregungen und Vortheile der Seegestade. Die reichhaltigste, geschichtliche Entwicklung des reichgegliederten europäischen Bodens und seiner Völker und Staaten, entsprach dieser natürlichen Grundlage. Nicht bloß durch die halbgetrennten Glieder des Erdtheils, sondern auch durch die ganz getrennten, durch die Inselbildung, ist Europa's Gestade, vor vielen andern charakteristisch bereichert. Nicht durch die Menge der fernen, oceanischen, zerstreuten, welche keinem der Erdtheile, vielmehr dem Ocean angehören, sondern, durch die bedeutende Größe und Zahl der benachbarten

Inseln welche das Gestade begleiten, und als wahre insularische Erweiterungen des Continents anzusehen sind, wodurch der Reichthum der Glieder sich verdoppelt und verdreifacht.

Diese fehlen Afrika fast gänzlich; Asiens Südostgestade begleiten sie in so außerordentlich großer Zahl, daß jenes Labyrinth der tausend Inseln von denen die Sundischen nur die flächenreichste Gruppe ausmachen, ohne bedeutendere Wechselwirkung mit dem Continent, seine Welt für sich gestalten mußte.

In Europa wo die Areale des Continents, der Gliederung und Insulirung, sich verhalten wie die Zahlen  $2 : 1 : \frac{1}{20}$ , wo dieses letztere Verhältniß das relativ größte der Art überhaupt ist, sind sie zugleich sehr günstig vertheilt und so gestellt, daß sie selbst als vermittelnde Übergänge zu den benachbarten Erdtheilen dienen mußten.

Nur Amerika ist in dieser Reihe der Betrachtungen noch kürzlich zu erwähnen übrig, denn es schließt gewissermaßen die Progression des Kreises dieser räumlichen Umgestaltungen, aller möglichen, dem Wesen nach verschiedenen, horizontalen Entwicklungen des Planeten, indem es, in sich, die Gegensätze und die Verdopplungen der Formen der Alten Welt, wiederholend vereinigt. Im Gegensatze des afrikanischen Erdtheils, ist der amerikanische durch ein mittelländisches Meer, das Mexikanische, in seiner Mitte, fast gleichmäÙig in einen verdoppelten Continent verwandelt, dessen verbindende Mitte, die Landenge, an sich, zwar immer breit genug, relativ, für den Erdtheil nur gering zu achten ist, und durch die, jede Communication hemmende Form ihrer Oberfläche, zur Scheidewand des Nordens und Südens werden mußte, der nur durch die Meere in Wechselverkehr treten konnte, sowol für Natur wie für die Geschichte des Erdtheils.

Für diese Verbindung der im übrigen geschiednen continentalen Hälften im Norden und Süden, spielt die große centrale Inselgruppe, welche Amerika auszeichnet die Rolle der Vermittelung, wenigstens seit ihrer ersten Entdeckung durch die oceanischen Fremdlinge und Einwanderer. Der übrige getrennte Norden und Süden Amerika's, haben beide, in den horizontalen Dimensionen sehr viel analoges, größere Breiten im Norden, Breitenab-

nahme gegen den Süden, eine dem afrikanischen Dreieck genäherte Gestalt, die sich zweimal wiederholt, und durch die Landenge verknüpft ist. Auch ist wenigstens theilweise, hierdurch eine gewisse Einförmigkeit der Küstenumsäumung bedingt, und der Süden Amerika's steht in dieser Hinsicht dem einförmigsten der Erdtheile, Afrika, am nächsten, von dessen innerer Oberflächentwicklung die seinige indefs völlig abweicht, wegen ihres gänzlich verschiedenen hydrographischen und orographischen Systems. Eine größere Mannichfaltigkeit der Küstenumsäumung zeigt der Norden des Erdtheils, dem die günstige Gliederung zu Theil ward, zumal gegen den Atlantischen Ocean hin. Die größten Bayen und mittelländischen Meere, welche so tief und mannichfaltig in den Norden Amerikas einschneiden verschaffen diesem, einen großen Vorzug vor dem Norden Asiens, und geben ihm, an seinen Süd- wie an seinen Nordenden, von Binnenmeeren bespült, und mannichfaltig gestaltet, der mehr polaren Annäherung ungeachtet die größere Zugänglichkeit, und seiner ganzen Ausbreitung den Naturcharakter Europa's, welchen die climatische Stellung unterstützte; eine Ausbreitung der Planetenstelle, welche mit dieser Vorbildung, bei dem Verhältniß der Gegengestade, und der dadurch bedingten Meeresbewegungen, in der möglichst kürzesten Zeit, zu einem verjüngten Europa sich umgestalten sollte, und die Civilisation bis in den höchsten Norden der Erde zu verpflanzen berufen zu sein scheint.

---

Wenn es sich aus diesen Bemerkungen, über die Vertheilung der wesentlichsten, horizontalen Formen der Erdräume ergeben sollte, daß auch in diesen eigenthümliche Entwicklung, Fortschritt, Steigerung der Verhältnisse und Individualisirung jeder Planetenstelle sich zeigt, und ein gewisses natürliches System der Anordnung dieser räumlichen Verhältnisse, nicht zu verkennen ist, so wird auch die Entwicklung aller übrigen Erscheinungen, auf dieser räumlichen tellurischen Grundlage, nicht ganz diesem widerstrebend, zufällig oder willkürlich, sondern durch sie bedingt, jedesmal nur statt finden können.

Aber die volle Wirkung solcher räumlichen Verhältnisse auf das Besondere und Allgemeine, kann, nicht aus einer einseitigen Ansicht derselben hervorgehen. Die horizontale Dimension, die geographische, ist nur diese eine Seite räumlicher Verhältnisse, unter welcher die Länderstrecken erscheinen. Zur vollständigen Anschauung ihrer Gestaltung und deren Einwirkungen gehört nothwendig die vertikale Dimension der Räume, die physikalische, welche jene hundertfältig ergänzt und bedingt. Beide im Zusammenhange ihrer Gestaltungen, Bildungen, Verhältnisse, Gesetze und Einwirkungen betrachtet, können erst zur lebendigen Anschauung der Oberfläche des Planeten und ihrer Einwirkungen auf Natur und Geschichte führen, oder zu einem natürlichen Systeme Geographischer Wissenschaft.





# Der Roman vom Fierabras, Provenzalisch.

Von  
H<sup>rn</sup>. B E K K E R

der Akademie der Wissenschaften vorgelegt am 19. October 1826.

Das Gedicht, das ich die Ehre habe der Königl. Akademie vorzulegen, ist mir freundschaftlich mitgetheilt von Hrn. Lachmann, der es vor zwei Jahren, auf einer litterarischen Reise durch Süd-Deutschland, aufgefunden: ein unverhoffter Fund, und desto willkommener, je weniger vorher von epischem Gesang aus der Provence bekannt gewesen. Die Fabel des Fierabras war freilich bekannt genug aus Spanischen, Französischen, Deutschen und Englischen Bearbeitungen (<sup>1</sup>).

Erhalten ist dieses merkwürdige Denkmal ritterlicher Poesie in einer Handschrift von 71 Pergamentblättern in 4<sup>to</sup>, die Seite zu zwei Spalten, die Spalte zu 36 Zeilen, mit farbigen Anfangsbuchstaben für die Absätze, abwechselnd roth und blau; früher (1716) im Besitz *maioris monasterii congregationis S. Mauri*, jetzt in der fürstlichen Bibliothek zu Wallerstein.

Von Form und Ton des Gedichtes zu reden dürfte nummehr unnöthig sein. Bemerkenswerth aber bleibt die Übereinstimmung mit den Nord-Französischen Epopöen. Die letzteren liegen indess noch immer ungedruckt und unbeachtet, auch nachdem der urtheilsfähigste Kenner die Aufmerksamkeit darauf zu lenken gesucht hat (<sup>2</sup>): es bedarf einer Probe, um jene all-

---

(<sup>1</sup>) Am vollständigsten verzeichnet, von Hrn. Professor F. W. V. Schmidt, in den Wiener Jahrbuchern der Litteratur, Band 31, S. 135 f.

(<sup>2</sup>) L. Uhland über das Alt-Französische Epos, in Fouqué's Musen, Jahrgang 1, Quartal 3, S. 58.

umfassende Ähnlichkeit anschaulich zu machen. Dazu mag folgende Stelle aus den Haymonskindern dienen (1).

Mais bien souvent disoit le bon due (Regnault) en secret  
 "biau Sire dieu de gloire, par vostre dinité  
 m'avez de vostre grace bonnement conforté,  
 tant qui j'ai tout mon voeu accompli à mon gré.  
 5 de vifve vois celestre m'avez vous conforté:  
 par che point m'avez vous devers vous appelé.  
 et quand fustes cha jus en vraie humilité,  
 et vous préchiez la loy où sommes gouverné,  
 vous amis appelliés disant *sequeure me*.  
 10 vous disiés qu'ils suivissent vo voie en amisté,  
 et vous haiez bonneur de temporalité  
 et richesse enssement de grant autorité.  
 ceulx qui avoir veuillent sauvement empétré,  
 doivent richesse fuir et du monde le vanité,  
 15 et doit suivre le voie de droite verité  
 en foi, en paschienche et amer povreté."

Ainsi li noble dus, qui tant ot signorie,  
 a l'amour lhū Crist nuit et jour estudie.  
 . . . en hay l'onneur de le mondaine vie,  
 20 et dit qu'il s'en ira en estrangue partie,  
 où veu ne sera d'omme de sa lignie,  
 sara de povreté le penanche enkierkie.  
 une nuit le bon due jūt avec s'amie.  
 moult orent devizé ensamble le nuitie.  
 25 un pau devant le jour s'est le dame endormie.  
 et le due se leva qui che char ot viestie  
 d'une cote de gris, qu'il ot appareille.  
 et quand fut apointiez tout a se commandie,  
 a le duchoize vint qu'il amoit sans faintie.  
 30 puis prist fort a plourer à celle départie,  
 et dit moult douchement "adiou, me ōuche amie.  
 je m'en vais en essil pour dieu qq'ie prie  
 qu'il vous doinst maintenir en tel estat vo vie  
 que vois aiez enfin de dieu le compaignie."  
 35 adonc se départy et tenrement larmie.  
 bien savoit tous les estres de celle manandie:  
 de laiens est issu si c'on ne le vist mie.  
 et sachiez que li cuers lorment li a temie  
 de che qu'il laist se femme et se bielle maisnie.  
 40 mais en dieu avoit si son entente fchie

(1) *Le livre des quatre fils Aymon, cod. Reg. 7182.*

que toute vanite de che monde en oublie.  
et dieu li en rendy parfaite courtoisie:  
[car] martyr est appellé, che tesmogne clergie  
se legende qui est de vraye approprie:  
45 car il fu pour bien faire mis a mort par envie  
ainsi que vous orez se me vois est oïe.  
Ainsi s'en va Regnaud qui tant ot renomnee.  
moult estoit desirans d'eslognier se contree.  
mais de ly vous lairay un pau, s'il vous agree:  
50 diray de le duchoise a le chiere sence.  
ou matin se leva, au moustier est alee.  
puis revient en le salle le duchoise honoree,  
et li frere Regnault y font leur assamblee.  
adonc leur demanda le duchoise nostree  
55 qu'estoit le due Regnault, qui l'avoit espouzee.  
et chil ont respondu qu'il ne savent riens nee.  
on l'a quis en maint lieu toute jour a journee.  
et li chamberlens a le duchoise appellee,  
et li dit "noble dame, se m'ame soit sauvee,  
60 Regnault s'en est alé en estrangne contree.  
mais de toute sa robe n'en a riens emportee:  
celle qu'il viesti hier ay maintenaut trouvee."  
quand le duchoise l'ot, moult en fut effraee:  
bien pense qu'il s'en va en le forest ramee.  
65 si frere ont pour le due mainte larme plouree,  
et montent les kevaux sans nulle demouree:  
le due Regnault ont quis par toute la contree.  
vii jours très tous entiers leur paine ont gastee.  
a Tresmongue s'en vinrent faisant chiere effraee,  
70 et ont a le duchoise le chose racontee,  
dont elle fut au cuer forment desconfortee.  
de la douleur qu'elle ot est keue pasmee.  
mais des freres Regnault fu bien reconfortee.  
aveu li demourerent et moult l'orent amee.  
75 Or diray de Regnault, s'il vous plect et agree,  
qui par grant povreté cherqua mainte contree.  
un jour vint a Coulongne, celle cité loee.  
pour dieu a en la ville l'amosne demandee.  
mais dedens le cite ot une plache lee  
80 ou on ot une eglise commenchié et fondee:  
et là vit de machons une grande assamblee  
et des povres varles qui le pierre ont portee.  
dont li vient en avis par devote pensee  
que tant que celle eglise sera faite et fondee  
85 aidera le machons et soir et matinee,

et là voira gaingnier loyaument se journee.

Ainsi est avisé li nobles duc Renaux.

leudemain au matin ains que levast li solaux

en est venus a l'euvre li bon duc naturels,

90 et a pris a porter et pierres et cailliaux.

chacun s'est esbahis qu'il porte tels fardiaux:

car du porter fu tous en chargez uns kevaux.

dont li maistre de l'oeuvre disoient par cembiaux

"amis, foy que je doy dieu, vous estes bon vassaux.

95 li aultre ont six deniers, vous aurez deux saux."

au viespre li voloient donner sans nuls deffaux:

mais que quatre deniers ne prist li duc [qui fu] loyaux.

et sachiez qu'onques plus n'en vult prendre ayaux.

de l'un estoit payez ses lis et ses hostaux,

100 et le second estoit aux messes naturels,

li tiers donnez pour dieu qui est esperitiaux,

du quart avoit du pain, de quoy il estoit saux.

voire une fois le jour plus ne mengoit li . . .

car ainsi le tesmongne se legende royaux.

105 Ainsi li duc Regnault droit à Coulongne estoit:

quatre deniers par jour pour se labeur prenoit.

aux ouvriers de laiens moult forment en pesoit

pour che que leur journee on leur appetisoit,

que quatre deniers n'orent si com Regnault avoit,

110 et ainchois qu'il venist six on leur en donnoit.

dont dit li uns a l'autre "nostre gaigne decroit,

et tout par che glouton. par le dieu ou on croit,

il ne viveroit guere qui croire me voroit."

"par foy," che dit li aultres, "je voel bien qu'ensi soit . . ."

**E** nom de dieu le payre que ns a totz a jutjar,  
e de la dossa vergi on se vole azombrar,  
comense ma chanso, e vulhatz l'escoutar,  
qu'es de vera istoria e fay mot a lauzar.  
5 l'istoria fon trobada a Paris sotz l'antar,  
que la trobet us monge c'om apela Richier,  
al mostier Sant Denis sotz lo maestre-autier.  
clergues era èl segle, e si fon cavayer,  
e trays esta chanso don li moc son leulier  
15 per lo cosselli de Karle que l'avía en chier.  
pus que dieus fe Adam et Eva sa molher,  
non fo una trobada que mais fes a prezier.  
son es de la corona del rey qu'es dreyturier,  
que en Jerusalem se laychet turmentier  
20 e del fer d'una lansa e playar e penier,  
e dels santes clavels don li feyron passier  
las palmas en la crotz e los pes clavelier.  
diray de las relequias que tant fan a prezier,  
que payas enporteront, li culvert aversier,  
25 can l'almiran d'Espanha anet Roma brizier,  
e so filh Ferabras, c'avía lo cor tan fier  
que non romas en Roma mas can un sol mostier.  
aqueil fo de Sant Peire, que dieus vole restaurier.  
et una sol capela hi romas a brizier,  
30 qu'es de Santa Maria, que Jesus vole salvier.  
mas las dignas relequias no y volgro pas laychier:  
mas apres en moriro pus de cc milier.  
del fort rey Ferabras vos volray comensier,  
et de la fort batalha que fetz ab Olivier.

canso de ver' istoria: milhor non auziratz,  
 que non es ges mensonja, ans es fina vertatz.  
 testimonis en trac avesques et abatz,  
 clergues, moynes, epestres e los sans honoratz.  
 35 a San Denis è Fransa fo lo rolle trobatz,  
 et auziretz lo ver, si m'escoutatz en patz,  
 ayssi cum Karles maynes que tant fo reduptatz  
 fo premiers en Espanha treballhatz e penatz,  
 e conquis la corona don dieus fon coronatz,  
 40 e lo digne suzari don fo envolopatz,  
 e los santes clavels e ls signes honoratz.  
 a Sant Denis en fo lo trezours aportatz,  
 et aujatz la razo ayssi cum es vertatz.  
 Karles a sos baros en la ost amenatz:  
 45 devas per totas partz los a totz assemblatz,  
 que una legua te la ost per totz los latz.

L'emperayre de Fransa a sa ost somonia  
 de Flandres e d'Espanha, d'Alamanha e de Friza,  
 que del cap de Bretanha entro en Lombardia  
 50 no y romas cavayer no lh vengues en ahia.  
 las ostz Karle s'ajustan èls pratz sotz Hurbaria,  
 e lay pogratz vezer tropa tenda tendia,  
 tant trap, tant pavalho on lo aur resplandia.  
 de lonc dura la ost una legua demia.  
 55 lo duc Raynier lay fo ab sa cavalayria,  
 e'n Simonel . . . . lha am bela companhia,  
 e'n Girart de Viana am mot grant baronia:  
 Karles li commandet tota l'ost en baylia.  
 outras geus lay menet, cuy dami-dieu maldia,  
 60 los parens Gaynelo que tostemp fan bauzia.  
 mot fo granda la ost e ricament garnia.  
 auque pus una nueg no pres albergaria:  
 tant van per lors jornadas la gran cavalayria.  
 passan vilas e borcxes e boys e pradaria,  
 65 et intran en la terra de la gent payania.

ardon vilas e borexs, no laychan res en via.  
Contastinoble preyro e la terr' an sayzia.  
outra s'en son passatz, e si l'an establia:  
car Karles y laychet del miels de sa maynia.  
70 avant van per la terra creychen de senhoria.  
Rollaus fetz l'avangarda ab sa gran baronia,  
e' i pros coms Olivier on Karles mot se fia:  
la senha Sant Denis Karles li a baylia.  
et Augier lo Daynes fo en l'autra paria,  
75 e cavalguet amb el Richart de Normandia.  
e detras venc lo rey ab sa gran baronia.  
de lonc dura la ost una legua demia.  
Els vals sutz Morimonda es Karles albergatz.  
no y a Frances no sia mot be entalantatz,  
80 e totz aquels que son amb els encompanhatz,  
de querre la corona don dieus fon coronatz,  
e lo digne suzari on fo envelopatz.  
mas si Jesus no n pessa, qu'es us e trinitatz,  
ja no sera le jorn de lendema passatz  
85 que Karles l'emperayre n'er dolentz et iratz.  
car us Turc de Maragoyle los a totz espiatz.  
can ilh devo pujar, als Turcx s'en es anatz.  
a Maragoyle s venc lo Turc totz esfredatz:  
ab sa votz que ac clara a los Turcx escridatz.  
90 "senher rey Alichandre, e com etz enganatz!  
l'emperayre de Frausa es en la terra intratz,  
e trastot lo pays er ades degastatz:  
en pus de mil partidas es pres et alucatz.  
èls vals sutz Morimonda es Karles albergatz  
95 ab tot aytal barnatge et ab aytans armatz  
que auc non vi aytans luns hom de mayre natz."  
can l'enten Ferabras, anc no fon pus iratz.  
de mal talent et d'ira es es et abrazatz,  
et estrenh fort sas dens et a ls somcils levatz:  
100 lun temps no fon payas aytan fort corrossatz.

- et escridet sos homes "mas armas mi portatz,  
 e vos autres apres mantenent vos armatz.  
 per aysel Bafomet a cuy mi son donatz,  
 jamay no finaray c'auray Frances trobatz."  
 105 ara es Ferabras en un caval montatz;  
 cen melia cavayers en a ab si menatz.  
 lo franc caval d'Espanha fo mot gent essenhatz:  
 pus de lx homes a mortz et afolatz;  
 no l donaria lo rey per l'aur de x ciutatz.  
 110 costa lo rey cavalgua Brustamon l'almiratz.  
 devas Contastinoble s'es lo rey regardatz,  
 e vic sos castels ars e pres et alucatz.  
 ab tant veus un paya qu'es duramen nafrazt,  
 que sotz l'auberc ne salli lo sanc vermeli betatz.  
 115 ab sa votz s'es lo Turc autamens escridatz.  
 "senher rey d'Alichandre, cum etz dezeretatz!  
 pres' es Contastinoble e ls murs escrebantatz,  
 e tota la gent morta c'us no n es escapatz,  
 mas ieu tant solament que m'en soy gent emblatz."  
 120 ad aquesta paraula eay del caval plasmatz.  
 cant o vic Ferabras, mot ne fo esfredatz.  
 Lo paya d'Alichandre a auzida la novela,  
 e podetz dir a certas que no li fo ges bela.  
 per mot fer talent mal sos Sarrazis apela.  
 125 "armatz vos" diuz lo rey, "montatz sus vostra sela.  
 si n'iray enboscar èl boy sotz la ramela.  
 si Karle pues trobar en bosc ni en valeya,  
 la testa li tolray de ma trencant espeya.  
 de Rollan so nebot expandray la cervela,  
 130 de luy et d'Olivier que tota l'ost capdela.  
 lors testas trametray a Floripar la bela."  
 ar si fay Ferabras armar en la pradela.  
 ja de las suas armas non diray pus noela.  
 el demandet Florensa don trenquet la namela:  
 135 Moredas la y portet que de paor chancela,

si que del nas li n iey's de sauc plen' escudela.  
pueys li an amenat son caval de Castela.

- Ferabras s'es armatz èls pratz sotz un vergier,  
èl pueg sotz Morimonda, on son aut li rochier,  
140 ad una fontanela depres un olivier.  
x almiratz lay ac per luy aparelier.  
sas armas no podia negus hom trop prezier.  
doblaments lo armero del fer e de l'acier.  
el no redupta home lo valent d'un denier.  
145 iij espazas li baylan li felo aversier,  
Baptisma e Gramanh Florensa d'Anticlier.  
Ferabras cenh Florensa a son latz senestrier.  
per las regnas li tengro lo sien bausa destrier.  
la sela fo d'evori mot precios e chier.  
150 lo rey salli sus la sela, qu'estrieup no vole toquier.  
a son col a pendut son escut de cartier,  
cubert d'un cuer de jana e be obrat d'acier.  
tot fo penh d'aur batut: no y ac autre mestier.  
xv blocas y ac faytas totas d'ormier,  
155 et en cascuna bloca un carboncle mot elier,  
que pus fort resplandian que braza en brazier.  
be semblet rey terrestre, can fo sus el destrier.  
pueys trosset dos barrils, que fau mot a prezier,  
a l'arso de la sela que portet son destrier,  
160 que tuh son ple d'un basme don dieus si vole onchier:  
plagua qu'en sia oncha no pren pueys pejurier.  
el los conquis en Roma al maestre-mostier.  
al destre pen lo basme, car li avia mestier,  
e Gramanh a senestre a l'arso del destrier.  
165 anc dieus no fe en terra lunh melhor cavayer:  
si volgues Jesus creyre ni son cors bategier,  
el valgra be per armas Rollan et Olivier.  
e Sarrazi montero en apres e milier.  
Ferabras d'Alichandre cavalguet tot premier.  
170 las regnas alonguet al seu bausa destrier;

anc no fon tal caval per son senhor aydier.  
 so es caval d'Espanha que sol la gent mangier;  
 pus tost cor de rando no vola esparvier.  
 ayssi amor al rey cum feyra un lebrier.

175 per desotz Morimonda passan per un sendier,  
 e traverseron l'aygua per mieh un bruelh ramier.  
 una selva trobero desotz un gran roquier,  
 e c melia payas fe lo rey enbosquier.  
 si pot, fara a Karle un mortal encombrier,  
 180 et a trastotz los antres: car li son aversier.

L'emperayre de Fransa no s volc pus atarzier.  
 lo mati sus en l'alba fe l'ost aparelier:  
 pus pres de Morimonda se volra albergier.  
 l'ost es encaminada, cargah son li saumier;  
 185 Frances si son armatz, li vassalh dreyturier.  
 l'emperayre de Fransa en apelet Augier  
 e Rollan so nebot e'l pros comt Olivier,  
 lo duc Buoves de Chartres e Naymes de Bavier,  
 e'l pros Teri d'Ardena, Berart de Monleudier,  
 190 En Arnaut de Berlanda e so frayre Raynier,  
 e mans d'autres baros qu'aras no m letz nomnier.  
 "baro," so ditz lo rey, "ieu vos vuelh totz preyer.  
 payas gardon los pas: so ay anzit comtier.  
 anatz saviament, garda us de mal menier,  
 195 qu'els Sarrazis felo no us puescan encombrier."  
 trastot premieyrament respondet Olivier  
 "l'avangarda faray, si la m voletz baylier.  
 e si vos quier, mo senher, aquest do tot premier:  
 de trastot mo servizi no us quier autre lognier."  
 200 "certas" ditz l'emperayre, "de vos milhor non quier."  
 "senher," so ditz Andrieus, "be si deu avansier,  
 e ben deu far proezas cum valent cavayer."  
 pueys ditz entre sas dens a for de lauzengier  
 "ja dami-dieu no plassa qu'en puesca retornier."  
 205 Olivier es montatz sus son bausa destrier:

- en sa companha foro vij melia cavayer.  
e can Andriens los vie, totz vieus cuyda raugier:  
nostre senhor sopleya, lo payre dreyturier,  
qu'enans qu' el s'en retorn so cors l'aya mestier.  
210 per mal talant s'en torna desotz un pi ramier,  
e menet en sa companha Otos e Berenguier.  
per trastota la terra passon li cavayer:  
no laychan re ad ardre qu'els puescan encontrier.  
de gran xiiij leguas van avan li folrier.  
215 mot sospira lo rey per lo gran dan vengier:  
sus l'almiran d'Espanha vol son cois esclayrier.  
mas ans que sia l vespre penra gran destorbier.  
Ferabras d'Alichandre vie sa terra gastier,  
e si n' ae dol ni onta, no us o cal demandier.  
220 ab tant vec vos vengut Galot de Monroquier,  
que el avia trames l'ost Karle espier.  
si li vay las novelas e tot l'afar comtier,  
que Karles a passat la val de Gongomier.  
dema volra desay Morimonda passier.  
225 non atenh Sarrazi no l fassa detrenchier.  
e ditz que l'almiran fara viu escorgier  
et en un gran foc ardre, apres al vent levier,  
et aura las relequias qu'en Roma fetz brizier,  
e Bafom le lor dieu fara tot debrizier.  
230 can Ferabras l'enten, ples fo de cossirier,  
et estreys fort sas dens e pres son cap crollier.  
anc paya no l gardet no s prezes a tremblrier:  
tan fo fers so vizatge, no l' auzan esgardier.  
Ferabras d'Alichandre fo de mot gran fertat.  
235 sa terra vie mal meza e son pays gastat:  
d'ira que ae lo rey ae lo cor trasuzat.  
lo rey salh del vergier sus son destrier comat.  
lx melia Turexs s'en son ab luy anat,  
e n'ae l melia ins el bruelh amagat.  
240 et al rey de Milogre son trastuh comandat.

Ferabras d'Alichandre a un pueg davalat.  
 la batalha auran, no sera trop tarzat.  
 Olivier lo gentil a mot ben espleytat,  
 c'ab vij melia baros a la val trespasat.  
 245 lo castel era fortz e mot ben ayzinat,  
 e d'omes e de bestias era ple e tancat.  
 Sarrazis lay avia qu'ero de gran fertat,  
 e de mot gran riqueza eron resaziat.  
 Olivier ab los sieus lay so per so intrat.  
 250 no troban Sarrazi, no l'aian crebantat:  
 descofit son paya et a mort tuh lieurat.  
 del aver que y trobero son cargat e trossat,  
 e salhon de la vila ab so que an trobat.  
 mas si Jesus no n pessa, tost lor sera cambiat,  
 255 qu' els payas de la terra se son tuh ajustat.  
 be son lx melia tuh garnit et armat.  
 a caval et a pe corro cum forsenat.  
 porton arexs e sagetas e cayrels enpenat  
 e grans espazas corbas de bon acier temprat.  
 260 al destreg d'un passatge an los Francxs encontrat.  
 can Frances los perceubro, mot en son esfredat.  
 Frances e Sarrazi si son etr' escriadat:  
 no y a mas del ferir, tan si son aprosmat.  
 lay ac mant colp de lansa e d'espaza donat,  
 265 e mant escut fendut e mant ausbere falsat.  
 Olivier los abat cum hom fay am faus blat;  
 pus menut los trabuca que no plou en estat.  
 mas us paya lay venc que porta un matrat:  
 non passaran li nostre tro n'aia mant tuat.  
 270 Olivier venc punhen sul bausa abrivat;  
 e can vic cel diable qu' es de ta gran fertat,  
 brandis la bona lansa et a l caval virat,  
 e venc vas lo paya de tan gran voluntat  
 que detras las espallas li a lo fer passat.  
 275 el paya chay a terra: costal pas a bauzat:

pus de vij e Frances li son desus passat;  
ab los pes dels cavals l'an tot enbudelat.  
can la payana gen viro que mort los li abat,  
la batalla grupiro, fugen s'en son tornat;  
280 per puegs e per montanbas s'en van desbaratat.  
Olivier fer e broca l'alferan de bon grat;  
èl punh tenc Autaclara am pom d'aur nielat.  
cel cuy cossiec a colp, mot a pauc de santat.  
dels morts e dels nafrazt roman tot enjoncat,  
285 que de l melia no s'en son xx tornat.  
pero so que portero no an ges oblidat:  
tot an pres e cargat, e y son encaminat.  
mas car o campraran ans que sia vesprat,  
ques anc no feyron preza don fossen pus irat.  
290 Olivier s'en repayra a tuh siey cavayer,  
e so que an conquist no volon ges laychier.  
pro an pres bestiar qu' en menan per mangier;  
e si menar l'en podo, a l'ost a gran mestier.  
mas si Jesus no n pessa, le senhor dreyturier,  
295 jamay no veyran Karle, ans auran destorbier.  
qu' Esclamatz d'Amiata es salitz d'un vergier  
sus son destrier d'Arabia que volra assayer.  
ab tant vec vos vengut a luy un messatgier:  
è son cor fo nafrazt; no fina de sancuier.  
300 ab sa votz que ac rauca comenset a cridier.  
"Esclamar d'Amiata, fay tas gens cavalguier.  
vec ti un bar de Fransa c'apelon Olivier;  
en sa companha son de Frances vij milier.  
x leguas an destruytas de bon pays plenier."  
305 can lo paya l'enten, tot cuyda desenier;  
e ditz al Sarrazi "vay, culvert lauzengier:  
pesas que per Frances me vuelha esmayer?  
per Bafomet mon dieu, que totz nos a jutgier,  
s'ieu cels que lay son mort encuey no pues vengier  
310 e la preza cobrar, pauc me deu hom prezier."

- el escrita sos homes "ana us aparelhier:  
 las essenhas de Fransa veyretz huey despleyer.  
 gardatz del ben ferir, nobili cavayer:  
 car per cel Bafomet, mon bon dieu vertadier,  
 315 aquel que fugira, s'ieu lo puese encontrar,  
 faray viu en foe ardre o al vent encrozier.  
 no vuellh que Ferabras me puesa reprovier  
 qu' ieu fuja per Frances nin aval un terrier."  
 Sarrazi respondero "trop nos poyretz vantier."  
 320 adonxs pogratz vezer tant paya ayzinier,  
 sus los cavals que meno montar et afaychier.  
 ara pens dieus dels nostres e del comte Olivier.  
 Esclamar d'Amiata fo sul destrier braydis,  
 que cor pus de rando que no vola perlis.  
 325 I melia Turexs a ab armas eslis.  
 èls cavals son montatz, èls destriers Arabis.  
 saviament cavalgo, no fan bruida ni cris.  
 et Olivier cavalga, l'auferan endemis,  
 e porta en l'espieut un penonel mot bis:  
 330 ad un paya lo tole que el avia aucis.  
 Frances van totz armatz detras per us jardis.  
 Esclamars d'Amiata los a adzuellh chausis;  
 en v partz a sos homes arenjatz e partis,  
 en cascuna partia x melia Sarrazis.  
 335 Frances lor son denan, lors escutz denant mis.  
 pus de iiij c grayles an sonatz e bondis.  
 tost et irnelamen son denan lor salis,  
 e los Frances los an am los brans reculis.  
 mot fo grans la batalba e fers l'escroychedis:  
 340 d'una legua pleneyra los a hom ben auzis.  
 Olivier laycha correr lo caval endemis.  
 tant cum l'asta li dura, feric Amaravis  
 qu'el fer e'l fust li a outra l'espalla mis.  
 del caval lo trabuca, e chay sus los jardis.  
 345 del cors li trays sa lansa e'l peno de sanis.

- pueys a cridat "Monjoya! la senha Sant Denis!"  
adonc vene Esclamar sus son caval mot bis.  
a tot lo premier colp nos a Gautier ancis,  
apres abatet mort Raynols de Sant Denis.  
350 adonc vene Esclamar desus son caval bis.  
"Morimonda!" escrida lo Turc, mot s' esbandis.  
"feretz, pros cavayer: Frances son descosis.  
encuey farem dolen Karle lo vielh floris."  
Olivier autz sa votz et enten sos latis,  
355 et a trayta l'espaza; vas luy vene endemis,  
e li dera tal colp: mas el li defalis  
que no l poc acossegre, per que el fremeis.  
aqui mezeis encontra lo filh Arapatis,  
e donet li gran colp del brau qu'era forbis,  
360 que l'elme ni la cofa no li vale un garis.  
tot lo fen e l debriza, e trastot lo partis.  
mort l'abat del caval, que no y fetz gap ni ris.  
apres matet Comdrant et Opine lo gris.  
en ben petita dora n'ac ben xl aucis.  
365 adonc cridet "Monjoya, Monjoya Sant Denis!  
feret, franc cavayer; mueyran totz cestz maustis:  
car els no volo creyre de dieu que mort sufris."  
Mot fo grans la batalha, longamens a durat;  
e mot fieron Frances, no y an colp reduptat.  
370 cascus tenc son bran nut de bon acier temprat.  
de sanc et de cervelas son tuh ensanglentat:  
que no y a Sarrazi tan ricamens armat,  
si Olivier l'encontra sus son elme gemat,  
que no l'abata mort del destrier sojornat.  
375 Olivier punh e brœca lo destrier de bon grat:  
èl punh tenc Autaclara am pom d'aur nielat.  
amont per miey son elme vay ferir Asserat:  
filh era la seror Brullan de Monmirat.  
Olivier li det tal qu'el cap li a ostat,  
380 si qu'el cap am tot l'elme cazec è miey lo prat.

ayssi sec sus la sela cum s'om l'agues liat,  
 c'anc no laychet las regnas del caval abrivat.  
 lo caval torn en fuyta et a n lo cors portat.  
 can payas an so vist, mot ne son esfredat,  
 385 e ditz la us a l'autre "tuh serem pesseyat."  
 ja foran Sarrazi trastuh desbaratat,  
 can l'agayt lor ielic dedins lo bosc ramat.  
 l melia foron tuh garnih et armat;  
 dels arquiers e dels autres lay ac mot gran plentat.  
 390 si Jesu Crist no n pessa, lo rey de majestat,  
 Olivier e siey home son tuh a mort lieurat.  
 Lo coms los vic venir, et a dieu reclamat.  
 "Santa Maria doussa, plena de pietat,  
 digna flor benezeyta per qui fom restaurat,  
 395 pregua lo tieu car filh que tu portiest a nat,  
 que el mi e mos homes tenha a segurtat."  
 Olivier pren son grayle, si l'a fortment sonat.  
 sos homes esgardet et a ls tost estimat.  
 de vij melia que eran en foro mil mermat;  
 400 de cels que lh son romas son li pluzor nafrat.  
 "senher" dizo Frances, "no y aia re duptat:  
 nos em tuh del ferir mot ben entalantat."  
 can Olivier los au, plura de pietat,  
 car el ve que siey home son tan assegurat.  
 405 dami-dieu en merceya, lo rey de majestat.  
 Olivier fo alegres e fort asseguratz  
 per sos homes que ve arditz e conortatz;  
 e broca son destrier per amdos los costatz.  
 Autaclara te trayta am pom d'aur nielatz.  
 410 e Frances esperonan, lors fres abandonatz.  
 adoncas fo l'estorn del tot renovelatz,  
 don comensa lo chaples e'l mazan per totz latz:  
 dels nostres e dels lors lay ac motz de nafratz.  
 ab tan ve us Esclamar pouhen totz abrivatz,  
 415 et a brandida s'asta don lo fers fon cayratz,

- e fon d'una serpent devant enverinat:  
luns hom a penas guier depus qu' en es tocatz.  
lo paya d'Amiata s'eslayela per los pratz,  
e feric Olivier sus son ausberc safratz,  
420 que de pus de xx malhas s'es l'ausberc desmalhatz:  
car l'acier fon trencans e' l fer enverinat,  
que no lh val l'alcoto dos deniers monedatz,  
que l'espieut no passes per ambos los costatz.  
al girar que el fe Olivier n'es passatz  
425 sus lo col del caval qu'en res no s'es crollatz:  
mas us rag de sanc l ieys pel senestre costatz,  
c'ambedos los estrieups e 'ls euers ne son banhatz.  
lo coms muda e cambia et es descoloratz.  
trays si vas una part et es si estancatz.  
430 am la senba d'un pali a sos flancxs gent bendatz.  
sus lo destrier s'aferma, et es revertuzatz;  
e si no 's pot venjar, tornara forsenatz.  
cuy el cossiec a colp, mortz es et afolatz.  
pus d'una balestada an payas reculatz.  
435 "per fe" dizon payas, "eest hom es forsenatz.  
so n es us ver diable qu'es d'ifern escapatz."  
el troba Esclamar a l'ichen d'us valatz,  
e fetz li may de joy que l'aur de x ciutatz.  
lo coms lo fier un colp per miey son elm gematz  
440 qu'entro dejos lo pieytz es lo bran avalatz.  
lo coms estors son colp, el rey es crebantatz.  
can Sarrazis o viro, donexs an lors crits levatz.  
amb arexs Turques deserro d'environ per totz latz,  
que d'enant et d'areyre los an environatz;  
445 e lansan lor sagetas e cayrels enpenatz.  
e li Frances los an am lors brans reuidatz.  
que per forsa los an un arpen reculatz.  
mas dels Turexs malazeytz lay a taus escapatz  
que ja negus dels nostres no n fora escapatz.  
450 mas en la ost de Karle n'es messatge anatz.

- ab Rollan so nebot s'es premiers razonatz.  
 e can Rollans l'enten, el ne fo mot iratz.  
 e fo bona ventura qu'enqueras fo armatz.  
 e vene vas Valenti, et es mot tost montatz,  
 455 e Naymes tant can pot, que ges no s'es tarzatz.  
 en sa compauha foro x milier armatz.  
 entre luy e Berart cavalgo latz e latz,  
 e fo y Estout de Lengres e Turpi lo letratz.  
 las novelas son ditas Aloris et Aldratz.  
 460 cels eran del linatge de Gaynes lo malvatz,  
 que fetz la trassio don el fo escorjat.  
 cilh pregan dombre-dien que fo en crotz levatz  
 que ja no n sia us am vida sol tornatz.  
 mas si dieu platz, non er ja a lor voluntatz.  
 465 Lo duc Rollan cavalga totz d'ira alumnatz  
 d'Olivier son companh, c'au dir que es nafratz;  
 e Frances apres luy, lors fres abandonatz:  
 las lansas portan dreytas e ls golfaynos levatz.  
 tan fort an lors cavals que punhs que galaupatz,  
 470 que vengro a l'estorn, e vec los vos mesclatz.  
 can Rollans vi sa gen si be aparelbatz,  
 en auta votz escria "senhors, ara clapatz."  
 et ilh li respondero "volontiers, so sapiatz."  
 pus d'una balestada an payas reculatz.  
 475 de l'un cap entro l'autre s'en son outra passatz.  
 dels mortz e dels nafratz es lo camp enjoncatz.  
 Berart de Monleydier s'es mot ben avansatz,  
 e'l coms Guis de Bergonha e lo coms Guilalmatz,  
 l'arsivesque Turpi et Estout l'abduratz.  
 480 Rollans vic Olivier que fo pel cors nafratz,  
 e d'una part e d'autra vic sos flancs sanglentatz.  
 e si l duc fon dolens, no vo n meravilhatz.  
 fort repren Olivier ayssi cum hom iratz.  
 "per dieu" ditz el, "companh, ben dey esser iratz  
 485 car senes mi prezetz l'engarda, so sapiatz.

ara vos etz vas me del tot desmezuratz.<sup>22</sup>  
"senher" ditz Olivier, "per dieu mi perdonatz.  
be say ad essien qu'en dey estre blasmatz."<sup>23</sup>  
ab aquestas paraulas vec los vos abrivatz.  
490 sus payas van ferir, lors fres abandonatz;  
las testas lor detrencan e ls pes e ls punhs e ls bratz.  
l'estorn fora vengutz e' l camp fora finatz,  
can us secors lor vene de xx milier armatz,  
que Ferabras avia de sa ost desebratz;  
495 e vene de l'autra part Brullan de Monmiratz  
e Tenas de Nubia, lo neps de l'almiratz.  
l melia foro ab vertz elmes gematz.  
ar ajut dieus als nostres per las suas bontatz,  
c'ades auran batalha don seran mot iratz.  
500 Mot fo gays Olivier can Rollans fo vengutz.  
mas ben agran, payas descofitz e vengutz,  
can us secors lor vene de xx milier escutz;  
e davas outra part entre dos puegs agutz  
vengro l melia de payas irascutz.  
505 en un brulhet dissendo, e so s de fer vestutz.  
mas l'agayt Ferabras los an reconogutz.  
ardidament s'ajustan, et an levat grans brutz.  
mas ges nostres Frances no ls an mes en refutz.  
de mortz e de nafratz es tot lo camp vestutz.  
510 Olivier lo gentil s'es ben cel jorn vendutz.  
lo coms tenc Autaclara don lo pom d'aur relutz,  
fer lo rey Tribue que fo filh Pinadutz:  
entro justa al pieytz es totz per miey fendutz.  
el mostra a payas cum es grans sa vertutz,  
515 Rollans tenc Durandart que fo fers e temutz:  
en be petita dora n'a ccc abatutz.  
esgarda Olivier que fo pel cors ferutz,  
per que fo mot dolens Rollans et esperdutz.  
volontiers s'es lo coms costa luy romazutz,  
520 e vay dir a Rollan "no nos combatam pus."

- mas tans Turexs hi avia de totes partz vengutz  
 qu'encontra un dels nostres a xxx recrezutz.  
 mot lay agra dels nostres e mortz e cofondutz:  
 per lo mien essient no n'escapera us.
- 525 mas Karles o au dire, que los a socorrutz  
 ab xx melia baros totz vilhartz e canutz.  
 Karles crida "Monjoya!" qu'en l'estorn es vengutz.  
 ab son espieut trenca en a xx abatutz;  
 pueys a trayta Joyoza qu'encontra l solelh lutz.
- 530 cui el cossiec a colp, a la fi es vengutz.  
 e los vilhartz feriro, grans colps lor an rendutz:  
 en aycela batalha n'an xx melia batutz;  
 al chaple de lors brans an payas regrezutz.  
 L'emperayre de Fransa no esta pas cum mutz,
- 535 c'ap l'espaza que porta n' a cc abatutz:  
 las testas lor detrenca e los pes e los brutz.  
 payas tornan a futa per mey los puegs agutz.  
 lo solelh si baychet, e'l ser es aparutz;  
 e Karles s'en repayra: l'asaut es romazutz.
- 540 L'emperayre de Fransa es als traps repayratz,  
 et el e siey baro an lors cors desarmatz.  
 Karles fo mot dolens d'Olivier qu'es nafratz.  
 lo filh Raynier de Gennes dissendet mot nafratz;  
 del sanc que a perdut li fo sos vis mudatz.
- 545 lo payre lo dezarma, per qui fo mot amatz;  
 entorn le cor li ieys lo sanc vermell betatz.  
 lo duc Raynier de Gennes a v metges mandatz.  
 Olivier an lavat per flancs e per costatz;  
 pueys li cercan lo cors enviro per totz latz.
- 550 los budels troban sas, no ls a entamenatz:  
 mas lo veri trobero del fer enverinatz.  
 lo coms no s pot sufrir, ab tant el s'es colcatz.  
 no pot vezer som payre, ab tant s'en es anatz.  
 per lo comt Olivier es lo rey mot iratz.
- 555 dels joves cavayers es gran esquern levatz,

- e ditz que mays no ls preza dos deniers monedatz:  
mot valo mays los vielhs que los joves assatz.  
can Rollans l'entendet, el n'es mot corrossatz,  
si e'a per pauc no ditz al rey "vos hi mentatz."  
560 ad una part si tray totz d'ira alumnatz.  
ab aquestas paraulas lo rey s'en es intratz.  
Senhors, auiatz bo sen, si ntendre l voliatz.  
la chanso es ben fayta: melhor no l'auziratz.  
Ferabras d'Alichandre fon dolens et iratz.  
565 areyre s'en repayra, sos Turcx a encontratz.  
can el los vic venir ayssi desbaratatz,  
am sa votz que ac clara s'es en aut escridatz.  
"baro" ditz el, "qui us a ayssi desbaratatz?"  
"per Bafomet, bel senher, Karles e sos barnatz.  
570 morts lay es Esclamar; jamay no lo veyratz,  
e Tenas de Nubia e lo rey Tribuatz,  
que de l melia non a x escapatz."  
aqui jagro la mueyt tro 'l jorn fo esclayratz.  
endreyt l'alba del jorn, can parec la elartatz.  
575 Ferabras apelet Brullan de Monmiratz  
e lo rey Moredas e dels autres assatz.  
"baro" ditz Ferabras, "ayssi dreyt m'esperatz,  
qu'entro sus que ieu torn d'ayssi no vos partatz:  
car per aycei Bafom a cui mi soy donatz,  
580 jamay no finaray e'auray Frances trobatz;  
e s'ieu no vengi m'anta, mot ne seray iratz."  
et els an respondut "si com vos comandatz."  
Ferabras part d'aqui, sos homes a laychatz.  
lo bon caval d'Espanha li venc totz esselatz,  
585 et el no y punhet gayre que tost es sus pujatz.  
Marimonda traspassa don li mons son ramatz:  
jamay no finara, Frances aura trobatz.  
L'emperayre de Fransa s'es bo mati levatz.  
la messa li a dita sos capelas privatz;  
590 e can el l'ac auzida, a son trap es tornatz.

mot fo grans lo barnatge que lay fon comensatz.  
 als vals sotz Marimonda es Karles albergatz.  
 per anar al dinnar es us grayle sonatz.  
 l'emperayre de Fransa sos baros apelatz.  
 595 "ieu vos preg e us coman, can cascus er dinnatz,  
 que delay Marimonda nos alotgem als pratz.  
 del comte Olivier soy fortment corrossatz,  
 car ier fo è l'engarda mot malamen plagatz.  
 tuh eran descofit (so es pura vertatz),  
 600 can ieu lor correguì e mos riches barnatz,  
 e payas s'en tornero, lors fres abandonatz."  
 ab aquestas paraulas es l'auriban cornatz.  
 las tavlas foron mezas e ls ríexs manjars donatz.  
 mot fo grans lo barnatge, can Karles fon dinnatz:  
 605 mas ans que prenga aygua a sa mas per lavar,  
 Karles sera totz tens et iratz, so sapiatz,  
 que ve us un Sarrazi è l'engarda montatz.  
 ja de pus riche home parlar non auziratz,  
 ni oncas pus fer home de mayre no fo natz,  
 610 ni tant valent per armas, si el fos bateyatz.  
 Mot fo bela la cort, can levo del dinnar:  
 mas enans prengan aygua hi aura que errar.  
 l'emperayre de Fransa s'es pres a regardar,  
 e vic lo Sacrazi en l'engarda montar.  
 615 jamays de pus ric home non auziretz parlar.  
 de las tors de Palerna si fay senhor clamar,  
 e si anet per forsa en Roma guerreyar,  
 e tuh cels de la terra fetz así renegar.  
 e car las gens no y s volgro am luy senhoreyar,  
 620 el fetz destruire Roma e ls monestiers gastar.  
 mortz lay fo l'apostoli li legat e li bar.  
 si n portet la corona que tant fay ad amar,  
 e' l signe e ls clavels don si fetz clavelar,  
 en portet lo enguen don dieus si fetz onchar,  
 625 e' l ver sante suzari don si fe 'nvolopar.

Ferabras d'Alichandre se fazia clamar.

Mot fo l Sarrazi fers e mal entalentis,  
et a gran meravilha es be de fer vestis.  
e vic los traps de Karle desotz us pis ramis,  
630 e l'aygla d'aur que lutz co l solelh resplandis.  
de lotjas e de traps vic totz los camps vestis.

eu auta votz escruda "on etz, rey de Paris?"  
envia mi justar d'aycels c'an may de pris,  
Rollan os Olivier que tan fort son ardis,  
655 o de tos xii pars, si t play ni t' abelis:  
ieu no n refudaray per Bafom tro a sis.  
e si no ls me envias aysi cum ieu te dis,  
ans del vespre seras a ton trap asalis."  
ab aquestas paraulas s'es sotz un aybre mis:  
640 de las armas que porta el s'es ben desgarnis.

Lo Sarrazi dissen desotz l'albre fulhat:  
de las armas que porta a son cors desarmat.  
al caval tol lo fre, laycha l'amar pel prat.  
ab sa votz que ac clara autamens a cridat  
645 "on iest, Karles de Fransa? mot t'auray apelat.  
envia m'è l'engarda Olivier ton privat  
o Rollan to nebot ab lo cor abdurat.  
e si negus d'aquestz es an en voluntat,  
si u trametetz dels autres, dels milhors del barnat.  
650 e sian iij o iiij, no seran refudat."

e can l'entendet Karles, si a son cap crollat.  
Richart de Normandia a lo rey apelat.  
"senher duc" ditz lo rey, "ja no m sia celat:  
conoychetz vos cest Turc que tant aura cridat?"  
655 "senher" so ditz Richart, "ieu vo n diray vertat.  
so es lo pus ric home don oncas fos parlat.  
no nasquet Sarrazi de la sua fertat.  
no preza rey ni comte un denier monedat."  
can Karles l'entendet, si a son cap crollat.

660 L'emperayre de Fransa es fortmen esmayat

et apela Rollan. "bel neps, car no y anatz?"  
 "senher" so ditz Rollans, "e per que m'en parlatz?  
 que per aycel senhor que dieus es apelatz,  
 car may amaria esser ades totz desmembratz,  
 665 que ieu prezes mas armas ni que lay fos anatz.  
 ier can payas nos vengro al destreyt dels fossatz —  
 l melia foro, lors vertz elmes lassatz —,  
 manh gran colp lay donem e n receubem assatz.  
 Olivier mon companh lay fo greumen nafratz,  
 670 can vos nos seuretz am vos riche barnatz,  
 e payas s'en fugiron, lors fres abandonatz.  
 e can fom a las lotjas et als traps retornatz,  
 e vos prezetz a dir, per qu'ieu soy mot iratz,  
 que los viels feyron miels que li jove assatz.  
 675 e per l'arma mon payre, non es hom vieus ni natz,  
 que sia de ma companha, que s'el lay fos anatz,  
 que ja fos may per mi sostengutz ni amatz."  
 "a glot" ditz l'emperayre, "eum iest desmezurat!"  
 Karles tene son gan destre que fo ab aur obratz,  
 680 e ferie ne Rollan entravers per lo natz,  
 e'apres lo cop n'ichie lo sane vermelli betatz.  
 Rollans a mes la ma al bran que ac al latz:  
 ja ferira son oncle, si no s fos perpesatz.  
 "ay dieus" so a dit Karles, "e cum soy vergonhatz!"  
 685 car cel mi vol aucire que mos neps es clamatz.  
 davas totz homes degra per luy esser amatz.  
 ja dombre-dieu no plessa qu'en la crotz fo levatz,  
 que el puesca tant vieure qu'el jorn sia passatz."  
 et escrida "Frances, ara tost lo m liatz:  
 690 jamays no eug manjar tro sia desmembratz."  
 can Frances l'entendero, totz foro esmayatz:  
 non lay n'ac tan ardit e'avan sia anatz.  
 Lo rey ab sos baros si s'es pres a parlar.  
 "ay dieus" so a dih Karles, "que tot as a jutjar,  
 695 ieu no say qui n'azir ni qui m deia amar,

qu' ieu vey que cel mi falli que m degra ajudar."  
"senher" ditz le duc Naymes, "ayssó laychatz estar:  
euans m'enviasetz al Sarrazi justar."

"no say" so ditz lo rey, "qui m puesca enviar."  
700 ar euclina son cap, e pren si a pensar.

Olivier jatz nafrazt, lo gentil e lo bar.  
us messatge li venc las novelas cumtar,  
coma Rollans si vole ab son oncle mesclar.  
Olivier n' ac tal dol, de sen cuyda raujar. \*

705 al pus tost que el poc si comensa levar.  
can lo coms fo en pes, sos flancs prés a gardar.  
de son blizant de seda fetz un pan esquinsar;  
pueys s'en fay totz sos flancs isnelamen bendar.  
e apelet Guari que vie latz si estar.

710 "vay, si mi fay mas armas sus ayssi aportar.  
montarey ò l'engarda al Sarrazi justar."  
"per diu, senher, no sia" so ditz Guari lo bar:  
"vos vos voletz aucire e vos eys afolar.  
si vos prendetz las armas, dieus pens del retornar."

715 "vassal" ditz Olivier, "tot so laychatz estar.  
luns hom no s deu tarzar de son pretz ichansar:  
car ieu lo dreyt de Karle vuellh tostemp razonar,  
e no li faliray tant cum puesca durar,  
pus ieu vey los Frances ayssi espaventar.

720 a la cocha pot hom son amic esprovar.  
vay, aporta m mas armas; no puese pus demorar."  
"senher" so ditz Guari, "ayssó m' es mal per far.  
mot dolens o faray, pus non o puese vedar."  
sas armas li portet ses pus de demorar,

725 et Olivier s'armet, cuy que deya pezar.

Lo fillh Raynier de Gennes mot ricament s'armet.  
Guari sos escudiers sas causas li causet,  
et apres del armar son aubere li lasset.  
lo coms seys Autaclara que mot fortment amet.

730 lo blanc caval d'Espanha Guari li amenet.

- can Olivier lo vic, de sa ma lo senhet.  
 lo coms pres lo destrier; sus lo dos li montet.  
 per la cinta de seda l'escut al col pauset.  
 pueys a pres son espieut que Guari li baylet.  
 735 lo fill Raynier de Gennes als estrieups s'afiquet  
 per ayssi gran vertut que los estrieups pleguet.  
 Lo fill Raynier de Gennes èl caval es montatz,  
 et a cinta s'espaza al senestre costatz.  
 l'escut ac a son col, èl cap l'elme gematz.  
 740 el a senhat son cors, a dieu s' es comandatz.  
 comiat pres de Guari, ab tan s' en es anatz.  
 entro al trap de Karle no s' es pas arestatz.  
 lay trobet lo duc Naymes e l'estout Guilamatz  
 e dels baros de Fransa e dels princeps asatz.  
 745 lo coms Rollan lay fo corrosos et iratz:  
 mas mot fort si penet car si fo paleyat  
 am Karle lo sieu oncle que tant era onratz.  
 ar feyra la batalha volontiers, so sapiatz.  
 trop s' es tarzatz lo ducxs, e tart s' es perpensatz:  
 750 e' Olivier la fara, qui qu' en sia iratz.  
 ab tan vec vos lo comte que venc totz abrivatz.  
 entro al trap de Karle no s' es pas restancatz,  
 e lay on a vist Karle el s' es enrazonatz.  
 "emperayre de Fransa, senher de grans bontatz,  
 755 ja a pus de iij ans e complitz e passatz  
 qu' ien prezí companhia ab Rollan lo lauzatz:  
 pueys non agui del vostre dos deniers monedatz.  
 mas ara us prec que m sia gazardo aquitatz."  
 "volontiers" ditz lo rey, "per mon grinho barbatz.  
 760 aytantost cum serem en Fransa retornatz,  
 ja no m queriretz do que no us sia donatz  
 de borexs ni de castels ni de ricas ciutatz."  
 "senher" ditz Oliviers, "no us deman als, si us platz,  
 mas que m detz la batalha d'aycel desbateyat;  
 765 e trastot mon servizi sia vo n aquitatz."

Can Frances l'entendero, si an entr' els parlat.

“Santa Maria dona, c’ a Olivier en pessat,  
que combatre si vol et es a mort nafrat?”

“Olivier” so ditz Karles, “as to sen cambiat:

770 qu'enqueras de tas plagas no t' a luns hom sanat.  
vay, bels amicxs, areyre; repauza t' en ton trap:  
qu' ieu culh qu' el cavalgar t' aya trop agreviat.  
no ti laychari' anar per l'aur d'una ciutat.”

ab tan si dress en pes Gaynelo et Aldrat:

775 rel senhor los cofonda que lo mon a creat.  
no triguet pueys dos ans, so ditz hom per vertat,  
que trahiro los pars li fals trachor proat;  
don els duy pueys moriro a dol et a viltat.

“senher” so a dit Gaynes, “enquers non ay parlat

780 vos nos avetz è Fransa un jutjament donat,  
que so que los duy auian deu esser antreyat,  
si tot no y es lo ters: per so no er passat.  
nos jutjam d' Olivier, per dreyt es acordat  
qu' el fassa la batalha ab lo desbateyat.”

785 can lo rey los enten, tot lo sen a mudat.  
per mot fer talen mal a Gaynes esgardat.

“Gayne” so a dit Karles, “dieus ti done mal fat,  
e cels de ton linatge sian deseretat;  
car per ta culvertia as Olivier jutjat.

790 et ieu vuelh qu' el lay an: ja no er trastornat.  
mas per aycei senhor qu'es dieus e trinitat,  
que s' il es mortz o pres, tu sapias per vertat  
que ieu ti faray pendre coma layro proat,  
e trastuh tiey paren seran deseretat.”

795 “senher” ditz Gaynelo, “dieus ne gar mon barnat.”  
pueys ditz entre sas dens cuendamens a celat  
“ja dombre-dieu no plassa, lo rey de majestat,  
que jamay el ne torn a tota sa etat.”

Can Karles a anzit que Gaynes a jutjat

800 Olivier per combatre encontre 'l renegat,

- trahidor l' en apela; fortmen l' a menassat.  
 e pueys vas Olivier a virat son pensat.  
 "Olivier" ditz lo rey, "dieus per sa pietat  
 ti sia en ajuda del paya desfezat."
- 805 ab tan trays son gan destre, Olivier l' a baylat.  
 e can lo coms l' ac pres, si lo n' a merceyat.  
 Ab tan vec vos Raynier, lo gentil duc prezat.  
 als pes Karle si geta, vay li merce clamar.  
 "a senher emperayre, aias ne pietat  
 810 d'Olivier mon efan, que tu vezes naftrat.  
 si el mor è l'engarda, trop auray mescabat.  
 com poyra el durar que tant aia sanguat?  
 de nien s'entramet, et en fol a parlat:  
 no pot hueymay romanre, pus lo gan ay baylat."
- 815 Olivier fo mot pros, son cors non a mudat.  
 be seran li dreyt Karle per son cors razonat.  
 Per denant lo rey Karle si met Raynier lo bar.  
 "emperayre, encaras ti vuelh merce clamar  
 per cel dieu que s laychet en la crotz clavelar,  
 820 que mo filh Olivier ne fassas retornar:  
 que tu lo vist ben ier per mieg lo cors naftrar,  
 e si va è l'engarda, nient es del tornar."  
 "Raynier" ditz l'emperayre, "no s pot mays trastornar.  
 recebut a lo gan si que o an vist li par."
- 825 D' ayso fetz Olivier que gentil e que bar.  
 lay on vic los Frances, si los vay apelar.  
 "baro" ditz Olivier, "trastotz vos vuelh preyar.  
 s'ieu vos ay re forfayt en fayt ni en parlar,  
 per l'amor dieu vos prec que m vulhatz perdonar."  
 830 can Frances l'entendero, tui prendo a plurar.  
 et Olivier s' en vay, no vol pus demorar.  
 Lo filh Raynier de Gennes comiat a demandat,  
 e Frances lo li donan, a dieu l'an comandat.  
 non i a un de totz que non aya plurat.  
 835 Karles levet sa ma, e si l' en a senhat.

- si s feyro totz los autres, que n' avian pietat.  
er s' en vay Olivier, son golfayno levat.  
tot suau d'ambladura es al tertre montat.  
entro sus al paya no y a regna tirat.
- 840 aujatz de Ferabras que jatz desus lo prat.  
anc sol no s denhet moure: tan l'ac en gran viltat.  
et Olivier li dis (mas no l' a saludat)  
"Sarrazi, que vols tu que tant auras cridat?  
ar mi di tu qui iest: gara no m sia celat."
- 845 so respon Ferabras "tu n'auziras vertat.  
ieu soy lo pus ric home que sia de mayre nat.  
Ferabras d'Alichandre soy per nom apelat,  
e soy cel que destruzi Roma la gran ciutat,  
en portiey la corona dou Crist fon coronat,
- 850 e los clavels e' l signe e l'enguen tant prezat,  
que es en cels barrils en la sela trossat:  
e non es hom èl mon, per can que sia nafrat,  
qu' en begues un pauquet, c'ades no fos sanat.  
e tenc Jeruzalem la nobila ciutat
- 855 e' l sepulcre on fo vostre dieu repauzat."  
"per fe" ditz Olivier, "ieu t' ay ben escoutat.  
mot potz esser dolens, car as dieu en viltat.  
vay Sarrazi, si t'arma: no y aia pus tarzat.  
vec ti Frances que ns gardon de lotjas e de traps,
- 860 Olivier e Rollan e tot l'autre barnat.  
Sarrazi vay, si t'arma: car trop avem parlat.  
o per ayeel senhor que nos dona santat,  
ieu t'anaray ferir de mon bran aceyrat."  
can l'enten Ferabras, un gran ris a gitat,
- 865 e ditz ad Olivier "be t tenc per forsenat.  
ans que m mova d'ayssi, sabray la veritat,  
qui iest ni cum as nom ni de cal parentat."  
Lo paya d'Alichandre vay Olivier sonar.  
"com as tu nom, amicxs? no m' o vuelhas celar."
- 870 "sapias" ditz Olivier, "ieu t' o diray tot clar.

pero outras novelas te vuelh enans comtar.  
 per mi ti manda Karles, lo rey ab lo vis clar,  
 c'ades layches Bafom, e fay ti bateyar,  
 e crezas en Jesu que ns a totz a jutjar.  
 875 e si non o vols fayre, ieu ti vene desfizar."  
 "vassal" ditz Ferabras, "e cum auzas parlar!  
 si tu mi ves armat, be t dic senes duptar  
 que auras ardit cor si m'auzas esperar.  
 mas una re mi di, si dieus ti pues aydar:  
 880 quins hom es Karles mayne? fort l'ay auzit lauzar.  
 e si mi di novelas, quinh son li xij par,  
 Rollan et Olivier? que trop los aug gabar."  
 "paya" so ditz lo coms, "per ver ti puese comtar  
 e' a l'emperayre Karle no pot hom contrastar;  
 885 e so nebot Rollan sapias que a tal bar  
 qu' enquer no trobet home que s' en pogues onrar.  
 Olivier son companh se sab ben aydar,  
 mas ges no val Rollan: no vos o quier celar."  
 can l'enten Ferabras, anc no s denbet dressar:  
 890 desobre son escut mes sa testa colcar.  
 Quant es fers e salvatges e de gran cruzeltat,  
 no preza Olivier dos deniers monedatz.  
 "vassal" ditz Ferabras, "si t done dieus santat:  
 tu mi di, qui iest tu ni di cal parentat?  
 895 so respon Olivier "vos n'auziretz vertat.  
 hom m'apela Guari, de Peyraguers fu natz.  
 fillhs fuy d'un cavayer c'avia a nom Rossat."  
 can l'enten Ferabras, un gran ris n' a gitat.  
 "Guari, ar mi di tu, e no m sia celat:  
 900 per que no y es vengutz Rollans lo abdurat,  
 o l comte Olivier que tan sap de barnat,  
 Berart de Monlendier os Angier lo lanzat?"  
 "per fe" dis Olivier: "car ilh t' an en viltat.  
 mas ieu vuelh far per lor la batalha de grat.  
 905 vay sus tost, e si monta: no y aia tan parlat.

- o per aysel senhor que fon crucifat,  
ieu t' anaray ferir de mon bran aceyrat."  
can l'enten Ferabras, mot n'ac lo cor irat.  
"Guari" dis Ferabras, "be sapias de vertat:  
910 may no justicy ab home de si bas parentat,  
per que si t' aucizia, pauc auria gazanhat.  
mas so faray per tu no fi per home nat.  
ar endreyt montaray sul destrier pomelat,  
e pendray a mon col mon fort escut rodar:  
915 e tu punh ton caval tan com poyras de grat.  
laycharay mi cazer a terra de mon grat.  
pueys pren mon bon destrier; si l ne mena de grat.  
gran colp mi vay ferir sus mon escut rodar.  
s'ieu fau ayso per tu, faray ti amistat."  
920 so respon Olivier "de folor as parlat.  
o vos vulhatz o no, lo destrier laycharatz,  
e si perdras la testa ras e ras del costat."  
can l'enten Ferabras, tot lo cor u' a irat.  
"Amicxs," dis Ferabras, "laycha m am tu parlar.  
925 arditz iest de combatre, mayue fas a prezar.  
per Bafomet mon dieu, no t vey re que blasmar.  
mas am lunh si bas home no volria justar.  
mas envia m Rollan os Olivier lo bar,  
Berart de Monleudier, o l' estout Guilalmar.  
930 e si la us no y auza ni venir ni anar,  
vengan n' i ij o iij per lor cors deportar.  
o si n' i veno iij, no ls volray refudar."  
"certas" dis Olivier, "en fol vos aug gabar,  
e de l'un e de l'autre pot hom fol semblar.  
935 mas ja per tas paraulas no m cutz espaventar.  
vay Sarrazi, si l'arma: trop mi fas demorar.  
si no, vau ti ferir seues pus esperar."  
can Ferabras l'enten, totz vius cuyda raujar.  
e leva s de sezens per Guari esgardar,  
940 e vic lo sanc vermell vas la terra tonbar.

grau meravilha n' ac, e volra lh demandar  
de cal part ve lo sanc que vetz jus avalar.

Lo paya vic la sanc, que sotz un aybre jatz.

Olivier apelet ayssi cum anziratz.

- 945 "Guari, ara m di tu, e ja no m'en mentatz,  
si tu iest en ton cors plaguatz ni malmenatz."  
so respon Olivier "vos n' auziretz vertatz.  
mon auferan es durs e de grans cruzeltatz:  
tan l' ay esperonat tro sa sus fu montatz  
950 qu'el sanc vermelh li chay per amdos los costatz."  
"certas" dis Ferabras, "Guari, vos hi mentatz:  
car la sanc vos a ja totz los estrieups banhatz.  
tu iest al cors plaguatz: so es pura vertatz.  
mas ve t lay dos barrials a ma sela trossatz,  
955 que tuh son ple d'un basme don ton dieu fo untatz.  
plagua qu' en sia unta (ayssi es afinatz)  
ja pueys no parera: ayssso es la vertatz.  
ar vay, si beu del basme, fay ne tas voluntatz:  
e seras de tas plaguas mantenen totz sanatz.  
960 pueys t' en combatras niels encontra mi assatz."  
Oliviers li respon "de folia parlatz.  
ab bon dreg ne seras aunitz e vergonhatz."  
Ferabras d'Alichandre si levet ab aytan.  
Olivier apelet: si li dis en rizan.  
965 "Guari, ara mi dias, no m' o celes nian:  
de cal forma es lo duc c' om apela Rollan?  
Olivier son companh, que payas van duptan?"  
so respon Oliviers "esgardatz mo semblan,  
mo vis e ma fayssso: non es son cors pus gran.  
970 Rollans es un palm magers que luy e sou estan,  
mas trop a el lo cors pus ardit et pus gran.  
no dupta rey ni comte, princep ni almiran,  
s' ani Rollan si cumbat, no l fassa recrezan."  
so respon Ferabras "er aug folia gran:  
975 que per la fe qu' ieu dey Bafom ni Tervagan,

s' ils eran aytals iij, cum tu vas devizan,  
si ls conquerria ieu am mon espieut trencan."<sup>29</sup>  
"Sarrazi" dis lo comte, "trop vos anatz gaban."

Ferabras d' Alichandre mot fo de gran vertut.  
980 largna ac sa forcadura, lone e plenier lo brut:  
onecas luns hom no vic cavayer si membrut.  
si volgues adorar lo digne rey Jesu,  
no fo anc cavayer de pu fera vertut.

Lo paya d' Alichandre fo mot de gran fertat.  
985 "Guari, per Bafomet, de tu ay pietat  
per aysso car ti vey de proez' alumnat.  
be m peza car no iest de pus gran parentat:  
car s' am tu mi cumbati, enquer m' er reprovat.  
vay torna t' en areyre a Karle a son trap:  
990 si m tramet Olivier o Rollan lo lauzat."<sup>30</sup>  
"vassal" dis Oliviers, "no t sia en pessat.  
vay lay tost, e si t'arma: trop m' auras sermonat.  
ieu t' anera ferir, si no m fos per viltat."<sup>31</sup>

Lo paya d' Alichandre mot fe a reduptar.  
995 sona ad Olivier e pres l' a demandar.  
"Guari, venet avan e venetz mi armar."<sup>32</sup>  
so respon Oliviers "e poyray mi fizar?"<sup>33</sup>  
"oc vos" dis Ferabras, "ja no vo n cal duptar:  
car ieu no seria trachers tan cum puesca durar."<sup>34</sup>  
1000 lo Sarrazi s' armet, no y volc pus demorar.  
un cuer de capa d' osa vay a son dos gitar,  
e fo blanc coma neu e tempratz per durar.  
e desus met l' auberc que a fayt tot daurar.  
e desus lo capel si fetz l' elme lassar.  
1005 Olivier lo y anet en xxx loexs liar:  
so fo gran cortezia, be fay a remembrar.  
Ferabras d' Alichandre l' en pres a merceyar.  
"Guari" dis Ferabras, "mot fazet ad amar:  
mot duramen mi peza s' am tu m cove justar.  
1010 empero si pogueses en ton cor atrobar,

- volontiers i' en laychera encaras retornar."  
 Oliviers li respon "laycha tos gaps estar.  
 fay al miels que poyras, can venra al justar."  
 "certas" dis Ferabras, "tu fas mot a prezar."
- 1015 pueys a cinta Florensa que fay mot a lauzar.  
 e si pendet Baptisma, que tant vole el gardar,  
 a l' arso de la sela, que es senhatz d'aur clar:  
 de l' outra part Gramanh, que era be sa par.  
 anc d' aytals iij espazas non auzic hom parlar.
- 1020 Ferabras d' Alichandre mot fo de gran fertat,  
 et a cinta Florensa al senestre costat,  
 e pueys pendet Baptisma am pom d'aur nielat  
 e d' outra part Gramanh a l' arso nozelat.  
 de cels que las farguero auziretz la vertat.
- 1025 illi foro filh d' un fabre iij fabres engrenat:  
 frayre eran tuh iij e d' una mayre nat.  
 cels feyro viij espazas, don trop hom a parlat.  
 Aurizans fe Baptisma am pom d' aur nielat  
 e Gramanh e Florensa, don l' acier fo temprat:
- 1030 e punhet hi vij ans ans fosen emerat.  
 pueys fe Murificas ses dire falsetat  
 Durandart la trenchant, don hom a tant chantat:  
 Rollans ne tole la testa a trop desbateyat.  
 Autaclara e Joyoza ab mot gran dignetat
- 1035 se la tenc lo rey Karle tot a sa voluntat.  
 ayssi foron li fabre de lor sen esprovat.  
 Ferabras n' ac las iij, que fo de gran fertat.  
 can fo aparelhatz, lo bausa ac cobrat.
- Mot fo lo Sarrazi ricamens adobatz.
- 1040 el vene vas lo bausa, suls estrieups es montatz.  
 a son estrieup tenir s' es lo coms enclinatz.  
 lo Sarrazi s' afica suls estrieups nozelatz  
 ayssi per gran vertut qu' els estrieups a cassatz,  
 et ac sos dos barrils entorsi estacatz.
- 1045 a son col a pendut son bon escut listratz:

- iij leonetz d' aur hy avia figuratz.  
e sayzic son espieut don lo fer fo cayratz.  
fels fo lo Sarrazi, can el fo adobatz.  
"Guari" dis Ferabras, "ar sui aparellhatz.  
1050 eucara t clam merce per cel dieu cuy t' iest datz,  
que layches la batalha, e faras que senatz."  
so respon Oliviers "de folia parlatz:  
car ieu non o faria per can que vos aiatz.  
si dieus mi vol aydar, qu' es us e trinitatz,  
1055 encuey seretz a Karle rendutz pres e liatz."  
so respon Ferabras "ben iest desmezuratz.  
mas pree ti e t conjur qu' eu digas veritatz  
per celas santas fons on tu fust bateyatz,  
e per aycela crotz on fo ton dieus pauzatz:  
1060 qui iest tu? cum as nom? ni qui' s tos parentatz?"  
so respon Oliviers "mot soy ben conjuratz.  
ieu ay nom Olivier, e fuy de Genna natz,  
e soy companhs Rollan, e soy dels xij pars."  
"certas" dis Ferabras, "ieu m' o sabia asatz.  
1065 be say que d' aut paratge es totz tos parentatz.  
ar digatz, Oliviers, et on ctz vos nafrazt?  
car s' ieu vos aucizia, que n' er mon pretz montatz?  
certas ans ne seria laiimens abaychatz,  
s' am cavayer mieg mort m' era en camp justatz."  
1070 so respon Oliviers "per mon cap, si faratz.  
ja per mort cavayer no cug que mi tengatz."  
Lo eoms Olivier dis "Sarrazi, bels amis,  
home que dieu no cre deu ben esser aunis.  
mal par la gran proeza don tu t fas replenis:  
1075 car tu no crezes dieu que en la crotz fo mis.  
ar giquis tu Bafom, to malvat dieu faytis,  
e fay ti bateyar en las fons benezis.  
tos companhs er Rollan qu' es tan pros et ardis,  
et aytan cum ieu viva seray tos bos amis.  
1080 pueys conquerrem las terras tro al port delautis."

Ferabras li respon "laycha estar mos dis:  
 car qui m donava Fransa et tot l'autre país,  
 ieu no seria per vos ayssi leu conqueris.  
 fortmen mi pezara car tu seras aucis.

1085 mas ara beu del basme que ay en ecls barils,  
 e seras mantenen de tas playas guaris:  
 pueys cumbatras ti miels e' n seras pus ardis."  
 so respon Olivier "no plassa dieu lo pis  
 que sia per mi tos basmes begutz ni transglotis,  
 1090 si doncs ieu no l conquer ab mon bran aceyris."

Ferabras d'Alichandre fo gent aparelhatz.  
 "Olivier, bels amis" so li dis Ferabratz,  
 "poyrias tu ja esser de batalha tornatz."  
 "non ieu" dis Oliviern, "de nient en parlatz."  
 1095 "vassal, doncs mi laychatz un cartier d' aquetz pratz."  
 so respon Olivier "a vostras volontatz."  
 vec vos los dos baros partitz e desebratz.  
 lors destriers laychan correr trastotz abandonatz.  
 er auziretz batalha, si en patz l' escoutatz:

1100 jamay de dos baros sa par non auziratz.  
 li doy baro s' eslaycho, can foro adobatz.  
 per gran cavalayria es l'estorn comensatz.  
 Frances los esgardero de lotjas e de traps.

"Ay dieus" so a dit Karles, "bel rey de majestat,  
 1105 del comte Olivier aiatz huey pietat."  
 sotz so mantel de pali a son cap enclinat:  
 estreytamen pluran a Jesus reclamat  
 e' az Olivier ajut per sa gran pietat.

Mas li baro si brocan et an esperonat,  
 1110 e la us vene vas l' autre per mot gran volontat.  
 meravilhozes colps les cavayers s' an datz  
 òl mieg loc dels escuts qu' eran totz d'aur obratz.  
 no ls pot gandar le fust ni 'l cuer qu' er' engladatz,  
 e' abdos lors fers trencans no sian outra passatz.  
 1115 entro sus cost' al punh son los espieutz trostatz:

- per tal vertut los an los auferans portatz.  
et els vengro si dreyt, e so s ben encontratz.  
de lors escuts ab aur si son ayssi urtatz  
si qu' els huels de lors testas si son totz trebolatz;  
1120 don los escuts fendero, e son tuh desblocatz,  
que naus agra us home de mieg los pratz cercatz,  
que l' us saubes de l' autre vas cal part n' es anatz.  
ay diens, tan bela junta! be foron esgardatz.  
los vassals s' encontrero, can foron remembratz.
- 1125 Ferabras trays Florensa del senestre eostatz,  
Oliviers Antaclará am pom d'aur nielatz.  
per denant lors arsos an los escuts trostatz.  
e Ferabras li veng: no s son pas refudatz.  
mas lo coms Oliviers s' es premiers avansatz,  
1130 e feric Ferabras un colp desmezuratz  
amont per mieg son elme, que fo ab aur obratz:  
las peyras e las flors en cazon èls pratz.  
can lo rey sen lo colp, si a son cap virat.  
et Olivier s' afeia sus son bran accyrat.
- 1135 per mot fera vertut a son colp avalat.  
lo perponh li falset e l bon aubere safrat:  
pus de cccc malhas ne cazon èl prat.  
mas le cuer de cap d' ocha l' a guerit e salvat.  
Olivier a lo rey del colp si encombrat
- 1140 que dels estrieups li son abdos los pes ostat,  
e lo fre li' scapet, qu' el tenia nozat:  
l'escut e la fort asta tot li' s estat brizat.  
Ferabras ac son cap del colp si estornat:  
lo caval s' aginolha pel colp que l' a greujat.
- 1145 s' Olivier l' enpeyches, ja l' agra eversat.  
Adoncas au Frances autamens escridat  
"Santa Maria dona, tan gran colp l' a donat."  
"certas" so dis Rollan, "mot l' a ben encontrat,  
e no par ges al colp que el sia plaguat.
- 1150 ara plagues a dieu, lo rey de majestat,

- compaun, qu' ieu fos per vos sotz cel aybre ramat,  
e que tengues mas armas e mon bran aceyrat:  
de mi e del paya fora leu afinat."  
"à glotz" dis l' emperayre, "ieu t' ay ben escoutat.  
1155 filh de puta, coart, trop avetz tart parlat."  
Rollan s' es ben gardatz que mot no lh a sonat,  
mas aytan que lh dis "oncle, vos dizetz so que us platz."  
Lo paya d' Alichandre si tenc per malmenatz.  
tal dol a e tal ira, tot lo sen li s mudatz:  
1160 r si no s pot venjar, tornara desenatz.  
adonxs broca l caval et es si abrivatz.  
Èl ponh porta Florensa don lo pom fon daurat.  
Olivier vay ferir sus son elme vergat:  
las peyras e las flors en cazon èl prat.  
1165 lo Sarrazi ac ira: si a son rolp greujat,  
si que detras lo col li a l' auberc falsat.  
pus de cccc malhas en anero èl prat,  
e de la carn del col li fendet un palmat.  
preon l' entamenet, duramen l' a nafrat:  
1170 lo sanc salh contr'aval, que l' auberc n' a mulhat.  
Ferabras a son bran encontr'aval tirat;  
la causa li talhet e l' espero daurat:  
dami-dieu lo gardet qu' en carn no l' a tocat.  
de si entro a terra a son bran avalat.  
1175 del colp a si lo comte estornit e cambiat  
c' a per pauc no l' a jos del caval trabucat.  
e l' arso de la sela li a un pauc trencat,  
car permieg l' a romput: tal colp li a donat.  
lo caval per desotz li a agenollhat.  
1180 lo coms a nostre senher doussament reclamat.  
"Santa Maria dona, aias mi pietat!  
car amb aquela espaza tan gran colp m' a donat:  
Autaclara no val contra cela un dat.  
senher payre de gloria, a mi sia autreyat  
1185 qu' ieu puesca far encara so c' ay tan dezirat."

- adonexs leva sa ma: si a son cors senhat.  
Ferabras lo regarda et a l proverbiat.  
"per Bafom, Oliviers, ara us vey esmayat.  
e no es meravilha, car trop avetz sanguat.  
1190 mot duramen mi peza car encars t' ay nafrat.  
mas mot m' as tu ben huey un petit asayat.  
ja no venra lo vespre ni lo solelh colcat  
qu' ieu vos auray lo cap ab tot l'elme ostat.  
trop avetz vos lo vis e cambiat e mudat.  
1195 pero s' anar t' en vols, enquer t' er autreyat:  
car sapias que miey colp seran pus esforsat.  
Karles no t' ama gayre, que sa t' a enviat."  
can Oliviers l' enten, si a son cap crollat.  
"paya" dis Oliviers, "trop ni' auras menasat.  
1200 garda t, ieu ti desfizi: trop avem playdeyat."  
ab aquestas paraulas an los destriers brocat.  
grans colps si van donar, no s son pas refudat.  
Vec vos los dos baros vengutz a clapadis.  
fermamen si requiero ab los bos brans forbis.  
1205 grans colps si van donan sus lors escuts voutis,  
que la flama e l foc del bon acier salis.  
dels grans colps qu' els si donan, tot lo pueg retondis.  
"dona Santa Maria" dis Karles lo floris,  
"gardatz vos Olivier que no sia mal mis:  
1210 car per l'arma mon payre, si el era aucis,  
jamays en tota Fransa ni en l' autre pays  
no sera clere ni pestre a lun jorn revestis."  
"senher" so dis due Naymes, "laychatz estar vos dis.  
home que aychi parla sembla del sen partis.  
1215 mas pregatz per lo comte lo rey de paradis  
que lli sia en ajuda per sas santas mercis."  
"so faray" dis lo rey, "èl nom de Sant Denis."  
Mas amduy li baro son èl pueg entre pis.  
Ferabras d' Alichandre fo pros et afortis.  
1220 soen a Olivier ab bran d' acier requis:

- de l'elme li abat lo celcle sus lo vis.  
 Olivier sen lo colp, areyre s' es tornis:  
 en doas mitatz li a l' escut perdavant mis.  
 a pauc lo caval no es mortz: tant s' era avan mis.  
 1225 can Ferabras o vic, d' ira enegrezis.  
 a l' encontrar dels brans fo grans l' escroychedis.  
 "Bafom" dis Ferabras, "vos estes adormis,  
 car ieu al prumier colp non ay est Franc conquis."  
 lo Sarrazi recobra, que fo mal talentis.  
 1230 mas lo coms Olivier per tant no s enbalis.  
 can vic venir l'espaza, la sua davan mis:  
 a l' encontre dels brans foc et flama n salis.  
 bonas son las espazas, neguna no falis.  
 Oliviers fo nafratz et al cor et al pis.  
 1235 tant a perdut de sanc, totz es descoloris.  
 e no s' es meravilha si 's totz enflebecis:  
 el es a gran mescap, si dieus no lo n guaris.  
 Olivier es nafratz, mot si vay esmayan.  
 mot fo grans la batalla e lo chapladis gran:  
 1240 mortalment si requiero, irag son per semblan.  
 Oliviers reclamet lo payre omnipotan.  
 "glorios senher payre que formestes Adam  
 e sa femna az Eva, don li poble son gran,  
 e venguetz en est mon on sufritz turmen gran,  
 1245 et en la santa vergi prezetz albergaman.  
 a la nueyt de nadal venguetz a naychiman,  
 e que la santa estela en fo apareychan.  
 los iij reys d' altra terra vos anero cercan.  
 tuh iij vos adzorero, can vos foron davan.  
 1250 la destra ma tendetz: si eus hufriro bayan.  
 las hufertas prezetz per bon entendeman.  
 e pueys per autras terras s' anero repayran  
 per lo felo Herodes que ls anava speran,  
 pueys degolet per vos man jovencel efan.  
 1255 en la crotz vos pendero li fals Juzieu truan,

- cau Longis vos feric de sa lansa trencan.  
el non avia vist en trastot son vivan.  
lo sanc li vene per l' asta entro al punh eolan,  
e toquet ne sos huells, si vic el mantenan.
- 1260 merce vos reclamet de bon cor veraman,  
e vos li perdonetz, senher, de bon talan.  
èl sepulcre fos mes apres, ieu no say can.  
en ifern davaletz, e si n traychetz Adam.  
al tertz jorn en apres anetz resusitan,
- 1265 et als santes apostols vos fos apareychan,  
mandetz lor que pel mon aneson prezican,  
e pueys montetz als cels, a totz lors huells vezan.  
ayssi, senher ver dieus, cum ieu en soy crezan  
et es vers so qu' ieu die, m' anatz vos ajudan,  
1270 e fassa de batalha est paya recrezan.<sup>27</sup>  
adonexs levet sa ma, son cors el vay senhan.  
l' escut tenc abrassat, e tenc èl punh son bran.  
fermamens s' afiguet desus son alferan.  
E lo rey Ferabras fon desus son bausan.
- 1275 Olivier apelet: si li dis en rizan.  
"bels amiexs Olivier, no m' o anetz celan:  
quinha es la razo que as devizat tan?  
volontiers l' ay auzida, per mon dieu Tervagan.<sup>28</sup>  
Olivier dis "plagues al rey omnipotan
- 1280 e' ayssi crezeses tu cum ieu fau fermaman:  
car atertant t' amera cum mon companh Rollan.<sup>29</sup>  
so respon Ferabras "ar aug folia gran.  
ja no t laycharay vieure tro al solelh colean,  
qui m devia cumplir d' aur fi la tor Balan.
- 1285 garda ti ben de mi: ieu ti vou desfizan.<sup>30</sup>  
so respon Olivier "dieus m' en sia aydan.<sup>31</sup>  
e la us vene vas l' autre, e cascus tenc son bran.  
amon per mieg lors elmes si van grans colps donan,  
qu' el foc en ieys tan grans, encontra 'l cel volan.
- 1290 lors escuts si detrencan, mot si van menuzan.

lors bos cavals si plegan dels colps que s van donan.

Mot fo grans la batalha, la plassa longua e bela  
èls pratz sotz Marimonda, qu' es bela la pradela.

Oliviers fo nafrazt èl pieytz sotz la mamela.

1295 soven reclama dieu e la vergis piuzela.

Ferabras d' Alichandre de mal talent l' apela.

"Olivier, ar dichen sotz cela fontanela,

e beuras d' aquest basme c' ayssi pen a ma sela,

e pueys seras pus sas que non es hirondela."

1300 so respon Olivier "laych estar ta favela:

car no n beuria pas per tot l' aur de Castela,

tro l' aya conquerit feren de ma namela."

"per Bafom" ditz lo rey, "fols es qui t' en apela.

mas breumen anziras de mi altra noela,

1305 don lo pieytz t' en dolra e' l cor sotz la mamela."

Mot fo grans la batalha, rusta de mala guia.

Ferabras tenc Florensa, que mot hen es forbia,

Oliviers Autaclara, que mot fort reluzia,

e feric Ferabras sus l' elme de Pabia:

1310 las peyras e las flors a terra el ne envia.

jus lo gros de la cueycha es l' espaza sortia,

si que dedins la carn Ferabras la sentia.

lo sanc en salh a rag, don lo prat enrogia.

can lo rey vic lo sanc, de mal talan fremia,

1315 e pres un dels barrils que val may que Suria.

can ac begut del basme, santat ac reculia:

adoncs ac sa vertut doblament reculia.

lo coms Olivier dis "dona Santa Maria,

regina coronada, valetz m' en aquest dia."

1320 Ferabras l' escridet "no n portaretz la via."

e Frances los esgardan de lor alberguaria.

"senher dieus" so dis Karles, "e vos vergis Maria,

gardatz hney Olivier, que no pergua la via."

Mot fo grans la batalha dels dos baros presatz.

1325 Oliviers fo feritz e malamen nafrazt:

- ges no es maravilha si es espaventatz.  
e broca son caval per amdos los costatz,  
e feric Ferabras us colps abandonatz,  
amont per mieg son elme qu' era amb aur obratz:  
1330 las peyras e las flors en volan contra ls pratz.  
can lo rey sen lo colp, si s' es totz trastornatz.  
sus l' arso de la sela es lo bran traversatz:  
los correys dels barrils a per lo mieg talhatz.  
so fo bona ventura: dieus en sia lauzatz.  
1335 los barrils van a terra, e' l rey es eversatz.  
lo saur hausa deroqua, tan fo del colp greuhatz.  
enans que Ferabras si fos el redressatz,  
si baycha Olivier, los barrils n' a levatz.  
lo bondonel destapa, el n' a begut assatz,  
1340 e doncx can n' ac begut, el si sentie sanatz.  
e pueys si s' es lo coms per luy meteys pessatz.  
si d' aqui adenant fos Ferabras nafrazt,  
e que sos dos barrils pogues aver cobratz,  
adoncx ne pogra eser Oliviers enganatz.  
1345 els eran riba 'l mar, dedins los a gitatz,  
e l' aur qu' er' als barils, a ls tantost afonzatz.  
mas cad' an en la festa San Johan en estatz  
monto tro sus en l' aygua, so es fina vertatz.  
can o vic Ferabras, anc no fon tan iratz.  
1350 e dis ad Olivier "be m pares forsenatz,  
car tu as mos barrils ins en l' aygua gitatz:  
car els valian tot l' aur que xiiij ciutatz.  
e s' ieu puese, huey el jorn mot car los compraratz."  
so respon Oliviers "faytz so que vos puseatz."  
1355 Lo coms vic Ferabras venir tot abrivat:  
mas pel cap garentir a son escut levat.  
Ferabras lo feric un colp desmezurat:  
aytant can n' accossiec en a jus avalat,  
e l' elme perdesobre li a tot desguauelat:  
1360 dami-dieu lo gardet que ges no l' a plagat.

Ferabras si s' apunta per mot rusta fertat:  
 del caval d' Olivier diehen la test' al prat.  
 lo caval tombet mortz e' l comte eversat.  
 Oliviers sauta sus, no y a gayre punhat,  
 1365 e tenc trayta l' espaza am pom d' aur nielat.  
 so que tenc de l' escut a denant si tornat.  
 vas lo rey d' Alichandre a un saut gran sautat.  
 ar auiatz quinh miracle li a diens demostrat.  
 oncas lo auferan, don tan vos ay parlat,  
 1370 que mant home avia mort et estrangolat,  
 vas lo coms Oliviers oncays non a badat:  
 ayssi s tira atras, sol no l' a esgardat.

E Frances los agardo de lotjas e de traps:  
 pel comte Olivier son tuh espaventat.  
 1375 per lo mieu esien ja foran tuh moutat  
 per anar ajudar Olivier lo lauzat,  
 si no fos lo rey Karles, que lor o a vedat,  
 per so car el volia tenir sa liautat:  
 mays volgra esser morts que s' illi fos reprovat.  
 1380 Karles s' agenolhet et a diu reclamat.  
 "glorios senhe payre e rey de majestat,  
 gardatz huey Olivier per la vostra bontat."

Oliviers fo a terra, et ac lo cor irat  
 per amor l' auferan que ve cazut èl prat.  
 1385 e vene va 'l Sarrazi, si l' a enrazonat.  
 "a rey d' Alichandria, mot as fayt gran viltat.  
 car mon caval as mort e mi as eversat.  
 rey que caval aucí non a dreg en regnat."  
 "certas" dis Ferabras, "tu as dita vertat.  
 1390 mas per Bafom mon diu, non o fi a mon grat.  
 pero si be l t' ay mort, be t' er gazardonat.  
 vene pren mon destrier, qu' ieu dichendray èl prat.  
 gran maravilha m do car el no t' a tuat:  
 car mays a de c homes e mortz et afolat.  
 1395 anc non abathey home no l' aia devorat,

- e per aquo ieu l' ay en trop estorn menat."  
et Oliviers respon "car Jesus m' a gardat:  
qui en luy a sa fe, mot a bon avocat.  
ja no vuellh ton caval tro l' aia conquistat."  
1400 "certas" dis Ferabras, "mot iest de gran fertat,  
car mon caval sofanas: tu fas mot gran foudat.  
e faray so per tu no fi per home nat,  
per so car ieu ti vey de gran nobilitat."  
el mes son pe a terra del destrier pomelat:  
1405 latz Olivier si met de l' outra part èl prat.  
e fo pus grans que el un gran pe mezurat.  
ar son abduy èl camp pe e pe ajustat:  
ab lors brans aceyratz se sou ben reuidat.  
so es gran maravilha car tan o an durat,  
1410 que sol per un petit no cazo en blasmat.  
Mot fo fortz la batalha: pus bela non veyratz.  
anc mays dos campios non vic hom pus iratz:  
c' aysi menut si fiero de lors brans aceyratz  
que las peyras en cazo de lors elmes gematz.  
1415 Ferabras d' Alichandre s' es mot aut escridatz.  
"Oliviers, Oliviers, certas no y duraratz."  
"per fe" so ditz lo coms, "vos no m' escaparatz."  
E Frances los esgardo de lotjas e de traps.  
"ay dieus" dis l' emperayre, "qu' en la crotz fust levatz,  
1420 vos gardatz Olivier de meseap, si vos platz."  
lo duc Raynier de Gennes li n' es als pes getatz.  
merce li vay clamar dolens et aburatz.  
"a senher emperayre" dis Raynier lo lauzatz,  
de mo filh Olivier aiatz huey pietat."  
1425 "dami-dien" so ditz Karles, "si vos tal playt sufratz,  
c' Olivier fos veneutz ni mos dreytz abaycbatz,  
per ver tot er destruta santa crestiantatz;  
totz los autars seran e fondutz e cassatz;  
laycheray las relequias per que suy tan penatz."  
1430 pueys fetz una preguieyra aytal cum auziratz.

"glorios senhe payre, que fust en crotz levatz,  
 et en la santa vergi fust cocubutz et natz,  
 e dedins en Beslem vos foretz efantatz,  
 et en paubres drapels mes et envolopatz,  
 1435 can a la santa estela vos donetz elaretatz  
 si qu' els pastors èls camps en foro alumnatz.  
 de la vostra naychensa fo lo mons alumnatz.  
 mot pezet ad Herodes, un rey desfiguratz:  
 totz los petitz efans en foron degolatz,  
 1440 e vos foratz adoncas en Egipte portatz.  
 e pueys anetz per terra xxxij ans passatz.  
 e pueys vendet vos Judas lo tracher renegatz,  
 e per xxx deniers trazic vos lo malvatz.  
 e pueys lo sant divenres foratz en crotz levatz  
 1445 e pels mas e pels pes trancatz e clavelatz.  
 e can fos en la crotz d' espinas coronatz,  
 e Lougis vos tranquet d' una lansa 'l costatz.  
 el non avia vist en trastot sa etatz:  
 el sanc li venc per l' asta, als mas fon avalatz,  
 1450 e torquet ne sos huelhs: sempre fo alumnatz.  
 ayssi, bel senher dieu, cum ayssó es vertatz,  
 vos gardatz Olivier que no sia matatz."  
 Karles leva 'l man destre, et es s' en crotz senhatz.  
 ab tant vec vos un angil que getet grans clartatz,  
 1455 lo cal li trames dieus, lo rey de majestatz.  
 aqui davant lo rey s' es l' angil arestatz,  
 e ditz a l' emperayre "mot etz dezamparatz.  
 Ferabras es vencutz: mas tu n seras iratz."  
 can l'angil so ac dit, tantost s' en es anatz.  
 1460 Karles l' a escoutat, mot n' es espaventatz.  
 vas lo cel esgardet, et es s' agenolhatz:  
 dami-dieu en merceya. ab tan el s' es levatz.  
 Olivier si cumbat, que trop era lassatz,  
 am lo rey Ferabras qu' es tan desmezuratz.  
 1465 no i a un dels dos no sia trop cassatz.

- Ferabras d' Alichandre fo mot fort corrossatz.  
ad Olivier escrída "vassal, no y duraratz."  
so respon Oliviers "ja no m' escaparatz:  
ans vos tolray la testa ab mon bran aceyratz."  
1470 lo paya d' Alichandre au que fo menasatz:  
s' il no s' en pot vengar, el sera forsenatz.  
portet èl pohn Florensa, don lo pom es dauratz,  
e feric Olivier de gran ir' alumnatz.  
lo coms lo vic venir de ferir entensatz.  
1475 amon per mieg son elme li a dos colps donatz.  
èl fort capel d' acier es lo bran arestatz.  
no l pot entamenar: tan era be tempratz.  
can Oliviers o vic, d' ira, fo alumnatz.  
casus es del ferir duramentz entensatz:  
1480 jamays no s partiran tro l' us sia matatz.  
fermamens si requiero ab lors brans aceyratz:  
los escuts si detrencan e ls vertz elmes gematz.  
Olivier si fo mot trebalhatz e lassatz.  
son pohn es adormitz e pel ferir hufflatz.  
1485 si cum cudet ferir sul Turc totz abrivatx,  
pus d' un' asta de lansa li' s sos brans escapatz.  
can o vic Oliviers, el ne fo mot iratz.  
son escut a son col, qu' era totz peseyatz,  
per sus levar son bran s' es lo coms enclinatz.  
1490 Ferabras lo feric enans que s fos baychatz:  
son escut li trenquet, et es per mieg trosatz.  
lo coms si redresset corrossos et iratz.  
s' espaza vic a terra, d' ira fo trasuzatz.  
no si auzet baychar: tan dubta Ferabratz.  
1495 Frances son estornitz a lotjas et a traps:  
pus de xiiij melia ne viratz totz armatz.  
ja fora Ferabras èl tertre asautatz:  
mas Karles o vedet, si c' us no y es anatz.  
Ferabras au la noyza: ris s' en es e gabatz.  
1500 anc sol non ac paor: anc fo asseguratz.

- "per Bafomet" dis el, "ar creys ma voluntatz.  
 ve us vostre bran a terra: per que no l' en levatz?  
 no us i baychariatz per l' aur d' una ciutat.  
 Oliviers, ar renegna las fons on fust lavatz,  
 1505 e vene t' en ab me è mas amplas ciutatz:  
 car ab tu partiray totas mas heretatz.  
 ma seror ti daray (ben seras molheratz),  
 Floripar la corteza, que a tan grans beutatz.  
 e pueys conquerrem Fransa e tot l' autre regnatz:  
 1510 de la un dels regismes vos seretz coronatz."  
 et Oliviers respon "de folia parlatz.  
 ja dieu non laycharay ni sos sans honoratz,  
 ni la santisma vergi de la cal el fo natz;  
 ni no creyray Bafom ni ls vostres dieus malvatz."  
 1515 "per Bafom" dis lo rey, trop iest desmezurat.  
 oncas per estorn d' ome no fuy si fort grenjatz.  
 mas non as ges d' espaza, enans iest dezarmatz.  
 be say, si t' aucizia, mos pretz seria sordeyatz.  
 ara pren tu ton bran: comiat t' en sia donatz."  
 1520 so respon Oliviers "vos mi dizetz bontatz.  
 mas ieu non o faria per l' aur de xx ciutatz:  
 car si res ni fazias que m sembles amistatz,  
 ni ieu pueys t' aucizia, seria malvastatz.  
 ar sia tot en dieu, ma mortz e ma santatz."  
 1525 "per Bafom" dis lo rey, "ben iest desmezurat.  
 ieu no vuelh que pus vivas: ar er lo camp finatz."  
 èl punh portet Florensa, don le pom fon daurat:  
 va l' comte Olivier s' en vene abandonatz.  
 Oliviers vic venir lo rey tot abrivatz,  
 1530 de gran colp a ferir baut et entalentatz.  
 el non a ges d' espaza; el escut es trencatz.  
 lo coms vic lo bausa: perdavant li' s anatz,  
 on li duy bran pendian en l' arso nozelatz.  
 el estendet sa ma; un bran pres, so sapiatz.  
 1535 Baptisma avia nom, mot era ben tempratz:

- can l' ac tirat del froyle, mot gitet grans clartatz.  
vas lo Sarrazi venc, del ferir talentatz.  
so que tenc de l' escut a denant si tornat.  
lo Sarrazi apela, e l' a fort menasat.
- 1540 "per dieu, rey d' Alisandre, no us valra cruzeltat,  
e' am vostre mezeys bran vos faray corrossat.  
ar vos gardatz de mi, ie' us tenc per desfizat."  
Can l' enten Ferabras, tot lo sanc a mudat.  
aysso dis el "Baptisma, tan vos avia amat."
- 1545 Olivier apelet, si l' a enrazonat.  
"Oliviers, ar ti suefre tro ay' am tu parlat."  
et Oliviers respon "digas ta volontat."  
"certas" dis Ferabras, "per so t' ay apelat.  
ar potz aver ta 'spaza per mon bran aceyrat,  
1550 et apres nos fasam so e' avem en pensat."  
"per mon cap" dis lo comte, "ja no t' er autreyat:  
ieu non auray vas tu neguna segurtat.  
enans auray cest bran un petit asayat.  
ar ti garda de mi, car trop avem parlat."
- 1555 ab aquestas paraulas tenc lo bran sus levat,  
e venc la us vas l' autre cum leo abrivat.  
mas lo coms Olivier l' a premiers encontrat.  
no l pot tocar en l' elme, l' escut a encontrat.  
perdesobre la bloca l' a tot per mieg talhat:
- 1560 la mitat en volet e tombet en lo prat.  
dis lo coms Olivier "cest bran vey aceyrat:  
ben aya lo maestre que tan l' a ben temprat."  
Ferabras lo endet cosegre de son grat:  
Oliviers s' es del colp un petit alunhat,
- 1565 e baychet si a terra; lo sieu bran n' a levat.  
can Oliviers lo tenc, si a dieu merceyat.  
Ferabras apelet am gran humilitat.  
"vec ti ayssi ton bran, pus lo mieu ay cobrat."  
so respon Ferabras "be faria viltat.
- 1570 anc no volguist re penre que t' aya prezentat.

no faray ieu de tu que t' auray desmembrat.  
 la testa n portaray mon payre l' almirat."  
 so respon Oliviers "ans vos aura costat."  
 donc si son li baro de ferir entensat:

1575 fermamen se requiero per mot gran cruzeltat.  
 lors escutz si detrencan, que son ab aur obrat.  
 pus l' anan d' una legua an ferit e clapat.  
 un petit si retraso et an l' ale tirat

Lo filh Raynier de Gennes a lo rey esgardat  
 1580 perdesotz la costura del fort escut listrat.  
 mot ac lo regart fer e de gran cruzeltat.  
 "ay dicus" dis Oliviers, "bel rey de majestat,  
 cum est payas es pros e de granda fertat!  
 oncas no vi may home de la sua bontat.

1585 senher dieu glorios, si fos ta volontat  
 que Karles lo tengues èl sieu domini prat,  
 e que l' agues è fons bateyat e lavat,  
 ieu e lu' e Rollans foram accompanhat  
 per dreya companhia e pleuit e jurat."

1590 Ferabras apelet; si l' a enrazonat.  
 "combatras ti tu pus? o que as en pensat?"  
 "oc ieu" dis Oliviers, "si a dieu ve en grat.  
 e gardatz vos de mi, qu' ie 'us tenc per desfizat."  
 adoncx s vene l' us vas l' autre de gran fera rustat.

1595 Olivier no dis mot, e' albors a son pensat;  
 e tenc trayta Baptisma ab pom d' aur nielat.  
 per mot granda vigor a l' paya renidat.  
 e Ferabras lo fier per mot gran cruzeltat.

Mot fo grans la batalha, e be s son combatut.  
 1600 Ferabras d' Alichandre fo de fera vertut.  
 la us vay ferir l' autre am bran d' acier molut.  
 Olivier non a pas lo quint de son escut:  
 Ferabras lo requier e soven e menut.  
 aysi cocha l' us l' autre e' a pauc no son cazut.

1605 Ferabras l' escridet "vassal, trop as viscut:

- mays non auretz guiren el vostre rey Jesu.<sup>22</sup>  
so respon Olivier “fol plag avetz mogut:  
jamays vos no veyretz Bafomet malastruc.<sup>22</sup>  
ab aquestas paraulas si son entreferut.
- 1610 Ferabras d' Alichandre a Olivier ferut.  
tot trenca et abat del seu daurat escut.  
ras e ras de l' acier n' a lo bran dissendut,  
si que d' aquela part romas le costat nut:  
si dieus no l' en gardes, ja l' agra tot fendut.
- 1615 Ferabras l' eseridet “be vos ay cossegut:  
jamays no veyretz Karle lo vielh barbat canut.<sup>22</sup>  
can l' enten Olivier, si li a respondut  
“per dieu, rey d Alichandre, no m' as tan cossegut:  
qu' enans que nos partam vos faray recrezut,
- 1620 e us rendray al rey Karle ans lo vespre vengut.<sup>22</sup>  
Mot fo grans la batalba, longamens a durat.  
Ferabras d' Alichandre a lo coms eseridat  
“per Bafom, Olivier, trop avetz huey durat:  
ara us tolray la testa ab mon bran aeyrat.<sup>22</sup>
- 1625 “certas” dis Olivier, “si a dieu vengues a grat,  
be volgra que amdui acsem lo camp finat.  
dieu en fassa breumen so qu' en es destinat.<sup>22</sup>  
donec vene la us vas l' autre eum leo abrivat.  
ar ne fassa dieus dreyt per la sua bontat.
- 1630 Ferabras d' Alichandre a son colp azesmat,  
e feric Olivier un colp desmezurat,  
c' un cartier de la cofa li abatet el prat,  
e dels cabels del cap li a un pauc ostat:  
dami-dieu lo gueric que ges no l' a plagat.
- 1635 el comte feric luy per granda volontat,  
et albiret son colp et a l ben azesmat.  
so que tenc del escut, a denant si levat.  
si aut a Ferabras amont son bran levat,  
que tot si descubrie lo flanc e lo costat.
- 1640 Olivier lo perceup, et a l ben avizat:

- al retrayre lo fier de son bran aceyrat.  
 perdesotz la mamela li a un colp donat.  
 e lo coms s' afiquet, e' avia lo cor irat.  
 pres d' un palm de la carn li a l' acier trencat,  
 1645 e' a per pauc los budels no son defors sautat.  
 mas anc no y a budel mal mes ni 'ntameuat.  
 lo sanc de gran rabey ne chay è mieg lo prat.  
 aujatz de Ferabras, cum fo de gran fertat.  
 anc sol no s denhet planher, tan ac de segurtat.  
 1650 contr' amon vas lo cel a ades esgardat:  
 de Jesu Crist li membra, lo rey de majestat;  
 del ver sant esperit l' ac dicus enluminat.  
 Olivier apelet, merce li a clamat.  
 "gentils hom, no m' aucias per la tua bontat;  
 1655 e si m mena a Karle lo bon rey coronat;  
 qu' ieu vos promet, bel senher, e us jur per liautat  
 que ieu tenray la fe de la crestiantat,  
 e us rendray la corona e 'l signe honorat  
 e las dignas relequias, don ay lo cor irat  
 1660 per so car ieu las prezi, caytiu malahurat:  
 e' ayso m' en es vengut, so say de veritat.  
 Oliviers, gentil senher, ayas mi pietat:  
 car s' ieu muer Sarrazi, enquers t' er reproal."  
 Olivier lo regarda, e pres li n pietat.  
 1665 desus en l' erba fresca belament l' a colcat;  
 del pan de son blizaut belament l' a bendat.  
 Ferabras d' Alichandre a lo coms esgardat.  
 dousamen l' apelet per gran humilitat.  
 "gentil hom Olivier, per dieu, ar m' escoutatz.  
 1670 mot so pres de ma fi: lo cor m' es totz cambiatz.  
 ve us ayssi dos cavals correns et abrivatz,  
 e prendetz lo bausa, que lay es enboscatz.  
 tan m' ajudatz tro sia sus la sela montatz.  
 e si n porta Florensa, trop m' agreuja mo latz.  
 1675 e si eus faytz vos las autras per far vos volontatz:

- pueys auretз iiij espazas, ja millhors non veyratз.  
si m montatz sul caval. pero trop demoratz.  
vezetz vos cel brulet ab eels olmes plantatz?  
lay laychiey huey mati xxx melier armatz.  
1680 mas ieu lor defendiey e' us no fos tan ausatz  
que si partis d' aqui per home que fos natз,  
entro sus que ieu fos de batalha tornatz."<sup>2</sup>  
can l' enten Oliviers, mot ne fo esfredatz.  
e Ferabras si dressa, que era trop nafratз;  
1685 sus l' arso de la sela es entravers tornatz.  
mas per nien si mes: ja no n sera portatz,  
qu' enans que veyа Karle, el ne sera iratz.  
car del bosc es salitz Brullan de Monmiratz,  
Sortibran de Coimbres e lo rey Tribuatz:  
1690 amb els son xxx melia de Sarrazis armatz.  
Oliviers los perceup, de pouher s' es cochatз.  
Frances viro payas: vec los vos tost armatz.  
Rollan lo nebot Karle es sul destrier montatz,  
Berart de Monleudier e' l comte Guilalmatz,  
1695 e Naymes de Baviers et Augier l' abduratz,  
Richart de Normandia e lo coms Gui l' auzatz.  
lo due Raynier de Gennes no s' es pas oblidatz,  
e Karles a mot tost sos garnimeus trobatз.  
donx derenjon Frances de lotjas e de traps.  
1700 cel vay que pot premier, lors golfaynos levatz.  
Oliviers si regarda aval per mieg los pratz:  
vic venir Sarrazis, lors fres abandonatz,  
denant trastotз los autres Brullan de Monmiratz,  
que cor ab son caval que anc no fo lassatz,  
1705 que pus tost pren la terra que lebrier descoblatз,  
e portet un espieut don lo fer fon cayratз:  
del sanc d' una serpent era euverinatз.  
can Oliviers lo vic, lo sanc li es mudatz,  
e dis a Ferabras "per dieu, ar davalatz.  
1710 no vos puesc pus conduyre, de que soy mot iratz.

- car seray de batalha duramen embrassatz:  
 car de Sarrazis vey totz los pratz enramatz,  
 e si m' podo cossegre, mortz soy et afolatz.<sup>22</sup>  
 can Ferabras l' enten, mot s' en es aziratz;  
 1715 e dis ad Olivier "senher, si mi laychatz,  
 vos faretz vilania, pus que conquist m' ayatz.  
 aylas, s' ieu muer payas, caytiu mala fuy natz.  
 Santa Maria dona, ajudatz mi, si cus platz."<sup>22</sup>
- Dis Ferabras lo rey "senhe coms Olivier,  
 1720 per dieu vos vuelh preyar que no m' vulhatz laychier.  
 tu senher m' a conquis al bran de ton acier,  
 e si m' as fayt jurar pleuir e fiancier  
 que per dieu mi faray lavar e bateyer.  
 e si ayssi mi laychas, pauc te deu hom prezier.  
 1725 encaras ieu no t vey ni plagar ni nafrier."<sup>22</sup>  
 so respon Olivier "tu dis cum cavayer.  
 dami-dieu mi cofonda, que tot a a jutgier,  
 s' ieu jamays ti gequise tan cum puesca durier."<sup>22</sup>  
 "senher" dis Ferabras, "per dieu vos vuelh preyer.  
 1730 reversatz mi del dos mon blanc aubere doblier,  
 e vistetz lo sul vostre: car be us fara mestier,  
 car non as a ton col ton escut de cartier."<sup>22</sup>  
 "volontiers" dis lo comte, "be fay ad autreyer."<sup>22</sup>  
 Olivier lo vestie ses pus de demorier.
- 1735 pueys a mes è son cap lo bon capel d' acier,  
 e cintet Autaciara, don si sab ben aydier.  
 ar pot venir justar qui s vol ab Olivier.  
 Ab tan vec vos punhen Brullan de Monmirat.  
 Olivier va ferir sus son aubere safrat.  
 1740 sus per lo mieg del picyetz lo y a rot e falsat.  
 mas l' aubere de desotz a lo comte gardat,  
 e l' asta va en pesas: mot petit a durat.  
 lo rey s' en passa d' outra, que fo de gran fertat.  
 can Ferabras o vic, tot lo sanc a mudat.  
 1745 Olivier apelet "comiat vos sia donat.

- no us dey hueymay blasmar: ie' us done comiat.  
mas per amor [dieu] mi geta d' aquest cami ferrat,  
que mon cors no m' afolo li destrier sojornat.  
dami-dieu ti secorra per la sua bontat.
- 1750 be m meravilh de Karle lo fort rey coronat,  
car el no vos secor, que trop a demorat.  
que fay aras Rollans, que tan vos a amat?  
caytiu ara murray, no seray bateyat."  
can l' enten Oliviers, mot n' a gran pietat.
- 1755 Lo filh Raynier de Gennes met bas lo Sarrazi:  
belament lo colquet desotz l' ombra d' un pi.  
pueys broca son caval ad espero d' or fi.  
be s' en cuda anar lo coms per son cami,  
can li venc al denant lo filh d' Arapati
- 1760 ab x melia payas del linatge Gayni.  
"ay dieus" dis Oliviers, "que fist de l' aygua vi,  
defen mi, si ti platz, de tan mal Sarrazi,  
qu' enquer puesca vezer Karle lo playzi.  
e si fassa mon payre e Rollan mon ami."
- 1765 Olivier le gentil si vie totz entrepris.  
dami-dieu reclamet, que en la crotz fo mis,  
que lh sia en ajuda per sas sautas mercis.  
èl punh tenc Autaclarà, sus payas s' endemis.  
è son cami encontra lo fillh Arapatis:
- 1770 tal colp li vay donar del bran que fo forbis,  
que tot l' a perfendut del cap entro al pis.  
Olivier s' avanset; pres l' escut d' aur voutis,  
pres la lansa del punh, don lo peno fon bis:  
lo caval laychet correr, que fo amanohis.
- 1775 sus l' escut de denant anet ferir Lorgis.  
sos aubere no li vale lo pretz de dos taris:  
lo fer trenca li a per mieg lo cors asis.  
e pueys trays Autaclarà, aucis x Sarrazis:  
ayssi li fugen tuh cum a falco perlis.
- 1780 Sortibran de Coimbres e lo rey Maguaris

- cridan ad Olivier tuh esemps en autz gris  
 "per Bafomet, Frances, no us escaparetz vis."  
 can o autz Olivier, mot fort s' es paorzis.  
 èl punh tenc Autaclaras: si lor venc endemis.  
 1785 cuy acoissiec a colp, el es de la mort fis.  
 mas Sarrazi li an son bon caval aucis.  
 can lo coms fot a terra, d' ira enegrezis.  
 al pus tost que el poc si es en pes salis,  
 et abraça l' escut que fo ab aur brunis.  
 1790 èl punh tenc Autaclaras, que era de gran pris.  
 mot si vendra el car enans que sia pris.  
 Olivier fo a pe, abrasset son escut:  
 entre payana gen a gran estorn mogut.  
 vas Olivier s' abaton; tout li an son escut,  
 1795 e si l' an mot ferit de mant espieut agut.  
 un dart d' acier trenca li an pel cors cozut,  
 si que per viva forsa l' an payas retengut.  
 leugieyramen lo monto sus un caval crenut:  
 abdos los huells li an d' una benda cozut.  
 1800 Olivier crida "Karles, on etz vos romazut?  
 senher companh Rollan, aras m' avetz perdut."  
 dis lo rey Sortibrans "fol plag avetz mogut:  
 jamay non manjaray tro vos siatz pendut."  
 Ar ne menan payas Olivier que an pris.  
 1805 los huells li an bendatz e los mas detras mis.  
 per gardar lo prezero l Sarrazis:  
 aquels s' en van ab el ponhen sus lor rossis.  
 ab tan vec vos Rollan que fo sus Valentis,  
 e' l comte Guilalmier e l Ardanes Teris,  
 1810 Berart de Monleudier e lo letrat Turpis,  
 en Guio de Bergonha e lo pros Alberis,  
 Richart de Normandia e Naymes lo floris.  
 Karles fo sus Blancart, que fo rey de Paris.  
 Frances crido "Monjoya! la senha San Denis!  
 1815 culvert, mala l prezetz: ja vo n' er intradis."

- Rollan ferie Corsuble sus l' escut d' aur voutis:  
la lansa li a meza per mieg del gros del pis.  
Berart de Monleudier anet ferir Tegrís,  
et Augier Antanas, e Richart Magaris.
- 1820 En Guio de Bergonha fier Brullan de Monbis.  
cascus dels nostres bars en a lo sieu aucis.  
can las lansas lor falho, els an lors brans sayzis.  
Sarrazi si relío e crido en autz cris.  
a Frances van desobre, mot fort los an feris.
- 1825 mort nos an Guilalmier e Gautier l' anseris  
e dels autres Frances pus de lx sis.  
pus d' una balestada an Francees resortis.  
et abaton Berart lo filh del due Sendís  
e' l comte Guilalmier e' l Bergonho Anris
- 1830 e Jaufre l' Angevis ab lo coratge ardis.  
fermamens los liero ab grans liams tortis:  
sus lors cavals los meyro, que anc no y ac rossis.  
e can Karles o vic, a pauc non rabia vis.  
e si s pres a plurar car perdia sos amis.
- 1835 Ar s' en van Sarrazi, en meno Olivier  
e l' estout Guilalmier, Berart de Monleudier.  
los Francees los encauso ab lors bos brans d' acier.  
Rollans ponh Valenti, e no l vol arestier.  
be cavalgo esemble entre luy et Augier:
- 1840 jamay, si cum els dizo, no s volran arestier,  
tro ayan lors baros cobratz ab bran d' acier.  
mas enuecy lor poyra duramens enugier.  
cavalgat an tres leguas li felo aversier:  
d' una legua no y podo li Francees apezier.
- 1845 de recobrar los comtes agro gran cossirier.  
Mot fo lingua la cassa, longuamens a durat.  
lay ac trop bon caval correget e lassat.  
e payas s' en retornan, cillh qu' en so escapat;  
e li nostre an los v leguas encausat.
- 1850 aquels e' an cossegutz an tot lor temps finat:

- cilh qu' en meno la preza si so trop avansat.  
 l' emperayre de Fransa vic lo solelh baychat:  
 ac temor qu' els payas fosen trops ajustatz,  
 e venc denant Frances, Sant Denis a jurat,  
 1855 pus no segra payas tro l ser sia passat.  
 la paraula del rey n' a ls pus espaventatz:  
 l' encaus els an laychat e son atras tornatz.  
 e mentre que s' en torno, els an lo camp levat.  
 Ferabras atrobero sotz un aybre ramat.
- 1860 can lo vic l' emperayre, el l' a ben esgardat,  
 e conoe a sa cara qu' el era mal fadat.  
 "paya" so dis lo rey, "ton cors aia mal fat.  
 per tu so miey baro pres et enpreyzonat.  
 tu m' as tout Olivier, que tant avia amat."
- 1865 can l' enten Ferabras, un sospir a gitat;  
 desotz lo bratz senestre a son cap enclinat.  
 vas lo rey esgardet, et a l ben avizat:  
 l' emperador apela per gran humilitat.  
 "a Karles mon bel senhe, que m' as proverbial.
- 1870 Olivier m' a conquist, no vuelh sia celat,  
 et ay li lialment e pleuit e jurat  
 que ieu tenray la fe de la crestiantat.  
 no valo tuh miey dieu un denier monedat.  
 tan fay per l' amor dieu tro sia bateyat:
- 1875 e si dieus vol qu' ieu viva, lo rey de majestat,  
 pueys seran Sarrazi per mi a mort lieurat,  
 e us rendray la corona e' l signe honorat  
 e las autras relequias, que vos an tan penat.  
 a senher emperayre, aias mi pietat:
- 1880 car s' ieu muer Sarrazi, caytiu malahurat,  
 sera vos reprovat per la crestiantat."  
 can l' enten l' emperayre, el n' ac gran pietat.  
 desobre un escut l' an gen e bel colcat;  
 pueys l' en an li baro suau e gen portat.
- 1885 Rollan e' l duc n Augier, cest duy l' an desarmat.

- lo rey romas ses pus en blizant geronat.  
gros fo per las espallas et ample pel costat,  
et ac gran so vizatge e ben afaysonat.  
els luells var en la testa coma faleo mudat:  
1890 aytan can dura 'l segle non a bom miells format.  
mot prezan Olivier car l' a conquistat.  
Ferahbras fo mot bels, can el fo desarmatz,  
mas non ac de color, car trop era nafrazt:  
las plaguas lo greugero, c' avia a son latz.  
1895 Rollans l' en abrasset, mas lo rey s' es plasmatz.  
"eel que vos a conquis, ben deu eser lauzatz.  
Santa Maria dona, rendez le nos, si eus platz."  
Karle nostr' emperayre s' en es en pes levatz,  
et apelet Milho e Turpis lo letratz.  
1900 "senhors, faytz nnas fons, et ades las senhatz.  
ieu vuelli que aquest rey sia tost bateyatz."  
et illi li respondero "si cum vos comandatz."  
viassament e tost els l' an aparelhatz.  
dedins l' aygua l' an mes, payris lay ac assatz.  
1905 autre nom li an mes; lo sieu li es mudatz:  
mas tan cum il visquet, fo Ferabras clamatz.  
Florian li an mes nom per baptisme, sapiatz.  
can lo rey fo lavatz benezeytz e senhatz,  
Frances l' an trayt de l' aygua et en un lieyt colcat.  
1910 si cum hom ditz e canta, et es la veritat,  
apres sa mort fo sans, per dieu enlumenatz:  
so fo San Florian de Røya latinat.  
Karles a totz sos metges somonitz e mandatz.  
"senhors" dis l' emperayre, "a ni vos entendatz.  
1915 eereatz mi aquest rey per flanexs e per costatz."  
et els li respondero "si cum vos comandatz."  
ab tan vengro al rey, sos flanexs li an eereatz:  
los budels troban sas, no so entamenatz.  
et an dit al rey Karle "ja paor no n' aiatz,  
1920 que el sera totz sas ans de dos mes pasatz."

“ay dieus” dis l’ emperayre, “tu n sias honoratz.  
si acsem Olivier, may no fora iratz.”

- E los Turcxes cavalguro que ls comtes n’ an menatz:  
ad Agremonia vengro, que es rica ciutat.
- 1925 can los vic l’ almiran, ab lor s’ es razonatz.  
“avetz mi vos Rollan ni ls xij pars menatz?  
et on es Oliviers qu’ es tau avutz lauzatz,  
Berart de Monleudier e Naymes lo senatz?”  
“senher” dis Brustamon, “pro avem mal asatz.  
1930 totz nos a descofitz Karles e sos barnatz.  
vostre filli Ferabras es vencutz e sobratz.  
us cavayer de Fransa, no say cum s’ es nomnatz.  
l’ a vencut en batalha ab son bran aceyrat.  
a Karle s’ es rendutz: ja es crestianatz.”
- 1935 can l’ almiran l’ enten, en terra s’ es plasmatz.  
e can el si redressa, si s’ es aut escridatz.  
“aylas caytiu” dis el, “ta mala fu ane natz.  
senher filh Ferabras, per que us etz bateyatz?  
Bafom, per qual pecat es mo filh encombratz?  
1940 car s’ il es crestias ni en fons bateyatz,  
mays amera de certas que fos totz desmembratz.”
- L’ almiran Balaan fo dolens et iratz.  
apelet Brustamon de qu’ era Monmiratz.  
“digatz mi vos, bel senher, e que no m’ en mentatz,  
1945 qui fo cel cavayer que tant era lauzatz,  
e conquis Ferabras que tant fo reduptatz?”  
so respon Brustamon “vas me vos esgardatz.  
aycel bel cavayer que es pros e membratz,  
so cuyt l’ aia vencut: Olivier es elamatz.”
- 1950 can Frances l’ an auzit, mot en so esfredatz.  
Olivier les apela; si los n’ a conortatz.  
“senhors” ditz Oliviers, “entendetz mi, si us platz.  
ieu vos prec e us coman, vostres noms no digatz:  
car si sap l’ almiran que vos dels pars siatz,  
1955 no nos gueriria l’ aur de xiiij ciutat.”

- et els li respondero "si eum vos comandatz.  
per nos no sabran els si eum em nos clamatz."
- Ab tan ve us Sarrazis, et an los desarmatz.  
mas Olivier lo comte es mot greumen playatz.
- 1960 los huelhs li desbendero, c' avia estreyt liatz.  
Oliviers romas nutz en blizaut geronatz.  
totz fo deseoloritz: car trop avia saneuat.  
can lo vic l' almiran, totz es d' ir' alumnatz,  
Olivier apelet, davas luy s' es giratz.
- 1965 "digas tu com as nom, sia m dita vertatz."  
"senher" dis Oliviers, "Girart soy apelatz.  
filli fuy d' un cavayer, de bassa gent fuy natz.  
Karles mi donet armas, can ieu fuy adobatz.  
e cels mos companhos que m so ayssi de latz,
- 1970 son paubres soudadiers e de bas parentatz."  
"Bafom" dis l' almiran, "e cum soy enginliatz:  
aver pessiey v comtes de nobles parentatz;  
de la terra de Fransa cudiey que foso natz."  
son amarlenc apela. "Barbadis, ar aujatz.
- 1975 aportatz mi mos dartz, e sian afillatz  
amont en esta sala on sian ajustatz.  
li Frances orgulhos seran totz devoratz:  
trayran lor mos arquiers enviro per totz latz.  
"senher" so ditz Brullan, "no es hora, si eus platz.
- 1980 no podetz vos vezer qu' el solelh es coleatz?  
si comandatz justezia, vos ne seretz iratz.  
sufretz vos tro dema, qu' el solelh sia levatz;  
e sera vos barnatges vengutz et ajustatz:  
pueys sera 'l jutjamens enquistz e demandatz,
- 1985 e si an mort servida, vos la lor autreyatz.  
e si Karles de Fransa, lo fort rey coronatz,  
vos rendia Ferabras que tant avetz amat,  
vos rendratz los Frances voluntiers e de grat."  
so respon l' almiran "bon cosselh mi donatz."
- 1990 son carcelier apela: Brustanion es nomnatz.

“sabetz que vos faretz? cetz Frances mi gardatz,  
 car ieu los vos coman, e vo que ls mi rendatz,  
 e que vos los menetz èl destreyt als fossatz,  
 è ma career preonda, on hom met los malvatz.”  
 1995 “senher” dis Brustamon, “si cum vos comandatz.”

Et el a los menatz pel coman l' almiratz.  
 en una tor escura a los Frances gitatz,  
 e jamays de pus fera parlar non anziratz.  
 dedins es tan escura que no y intra clartatz.  
 2000 serps lay ac e grapautz enviro per totz latz.  
 la pudor de la mar lor fe gran mal asatz.  
 adonchs an nostres comtes tro al fons avalatz.  
 de las playas Olivier cor la sanc per totz latz:  
 de l' engoycha que ac iiij vetz s' es palmatz.  
 2005 mas li comte lh' ajudan entro que fo montatz  
 sus un pilar de marbre; e pueys es si pluratz.  
 “ay” dis el, “senhe payre, jamays no mi veyratz.  
 ar ay lo mariatge de ma sor refudat.”

“senhe” so dis Berart, “per que vos gaymentatz?  
 2010 tuh em per vos ayssi tristz e desconortatz.”  
 ab tan ve us Floripar la filha l' almirat,  
 la plus gentil donzela de xiiij regnatz.  
 et a be los Frances auzitz et escontatz:  
 del plurar d' Olivier li pres gran pietatz.

2015 Ar so nostres Frances en ta tor enserratz.  
 tuh foran ja peritz e comfig e negatz,  
 mas dedins ac un marbre en que s' en so montatz.  
 Olivier fe gran dol, a dieu s' es comandatz,  
 e' l duc Raynier de Gennes que l' avia engenratz.

2020 Ab tan ve us Floripar, la filha l' almirat:  
 anc pus gentil donzela no vic l' un home nat.  
 de la sua faytura vos diray veritat.  
 ac lo cors bel e dreyt e ben afaysonat;  
 la carn avia pus blanca qu' evori reparat,  
 2025 e la cara vermelha cum roza en estat,

- e la boca petita, e tene las dens serrat,  
qu' ela avia pus blancas que neu can a gelat.  
e ceulh una correa de seda de baudrat:  
la fueca fon rica de fin aur emerat.
- 2030 ja luns hom que la cinte non aura 'l pel meselat,  
ni ja de lunh veri non er enpoyzonat.  
e si avia iij jorns o iiij dejunat,  
si auria el son cors del tot resaziat.  
la donzela avia Olivier escoutat.
- 2035 de la cambra salic, e davala 'l degrat;  
ab lieys xv pieuzelas de mot gran parentat.  
vengudas son al loc on payas son irat.  
"digatz, c' avetz vos autres? e no m sia celat."  
"dona, pres es vos frayre, Ferabras lo lauzat."
- 2040 ab tan foron li dol del tot renovelat.  
Gran dol feyro paya, e preyro s' a cridar:  
Ferabras d' Alielandre auziratz reclamar.  
Floripar autz la crida que meneron li bar  
que eron en la carcer lo payre Ferabras.
- 2045 lo carcerier apela, e vay li demandar.  
"don so li cavayer que aug lay gaymentar!"  
respon lo carcerier "be us o volray comtar.  
dona, illi son de Fransa, segon que aug gabar.  
homes son del rey Karle que no devetz amar,
- 2050 emperador de Fransa que el si fay nomnar.  
cilh so que ajudero vostre frayre nafrar.  
un n' i a entr' els autres que fay fort a lauzar:  
luns hom no vic de carn pus format bacalar.  
cel conquis Ferabras a batalha, so m par."
- 2055 "Brustamon" dis la bela, "fay mi ab lor parlar.  
de Ferabras mo frayre lor volray demandar."  
"dona" dis Brustamon, "vos no y podetz parlar.  
l' almiran vostre payre m' o a fayt afizar.  
soeu vetz hom per femna gran maï renovarar."
- 2060 can l' enten Floripar, si cudet desenar.

- "per Bafom, glotz" dis ela, "en fol vos aüç parlar.  
 sapiatz qu' ie' us en faray vostre loguier pagar."  
 son camarlenc apela belamens ses punhar:  
 cel conoc son coratge et enten son pensar.  
 2065 viassament lh' anet un basto aportar.  
 denant l' us de la carcer vic Floripar estar,  
 donat lh' a lo basto. ela l pren a guarar.  
 semblan fe que la carcer li volgues desfermar.  
 Brustamon lay anet, mas anc no s saup gardar.  
 2070 Floripar lo cauzie, que bel sap avizar:  
 denant si a sos pes l' a fayt mort trabucar,  
 si qu' els huellis de la testa li fetz foras volar.  
 è la mar pus preonda a fayt lo cors gitar.  
 el fon tost afonzatz, car anc no poc nadar.  
 2075 Frances agro paor, can l' auziro tombar:  
 pesero fos diable que ls volgues enganar.  
 mas Floripar trames un ciri alumnar.  
 ela veuç a la carcer, si la fetz desfermar.  
 son cap a mes dedins, e si s pres a gardar:  
 2080 un ciri tenc davant, que fort reluzie clar.  
 los Frances que lay foro comenset apelar.  
 "seuhors, don etz vos autres? no m' o vullhatz celar."  
 et els li respondero "be us o volrem comtar.  
 nos em, dona, de Fransa," dis Olivier lo bar,  
 2085 "et em home de Karle que tant fay a lauzar.  
 l' almiran nos a faytz en esta tor sarrar  
 et al fons de sa jus, e no y podem durar:  
 dami-dieu nos ajud, que ns a totz a jutjar.  
 dona, si a vos play, faytz nos dar a manjar."  
 2090 so respon Floripar "vos sabetz ben parlar.  
 mas a totz eovenra e pleuir e jurar  
 que vos faretz tot so qu' ie' us volray demandar,  
 e d' aysso m' aydaretz qu' ieu vos volray preyar."  
 "certas" dis Olivier, "be us volem fiansar  
 2095 que ja no us falirem per nos membres trencar.

e si podem la sus als Sarrazis montar,  
e que nos donetz armas que nos puscam portar,  
nos farem a l las testas trabucar."

"vassal" dis Floripar, en fol vos aug gabar,  
2100 e val may bon calar que no fay fol parlar."  
"dona" so dis Berart, "cel que sap ben cantar,  
nota mot volontiers per so mal oblidar."  
"per Bafom" dis la bela, "be us sabetz razonar.  
ieu no say qui vos etz ni no us puese adesmar:  
2105 mas ieu eug c' am piuzela sabriatz vos jogar."  
so dis Guillhot l' Escot "be sabetz devinar."  
so respon Floripar "ben er a esprovar."

E can ac Floripar ab los comtes parlat,  
son camarlenc apela, Malmuzet de Gornat.  
2110 "portatz mi una corda grossa a gran plantat."  
so respon Malmuzet "a vostra volontat."  
la corda li portet volontiers e de grat.  
aval per mieg la carcer lo Turc la vay lansar:  
Olivier l' an a preza ab un basto liat.  
2115 tan fort a 'l camarlenc ab la dona tirat,  
Olivier en au trayt per viva pozestat.  
pueys an l' un apres l' autre de la carcer gitat.  
belament los menet la filha l' almirat  
per una gasta porta del temps d' antiquitat.  
2120 Malmuzet va davant, lo ciri alumnat.  
vengutz son a la cambra, et an l' us desfermat,  
et els s' en son intratz volontiers e de grat.

Mot fo rica la cambra; non a pus rica èl monde.  
dedins fo Floripar, la filha l' almirante,  
2125 e fo lay sa maestra que ac nom Margarande.  
e dis a Floripar "ieu vuell que hom me tonde,  
s' aquest no es Olivier, frayre d' Auda la blonde  
e filh Raynier de Genes: si no, [vuell] c' om mi resconde.  
nou a si bela res coma Auda la blonde  
2130 de l' una mar a l' outra, tant can vola hironde."

- "Filla" dis Margarande, "ieu vos dic per vertat,  
 aquest es Olivier e' a to frayre nafrat,  
 et aquel es Berart que hom a tan lauzat,  
 e Guilalmier l' Escot cel que li 's al costat;  
 2135 aquel a nom Jaufre ab lo vis camuzat.  
 Bafomet mi maldia, cuy ay mon cors donat,  
 s' a l' almiran Balan non es trastot comtat."  
 can l' enten Floripar, tot lo sanc a mudat:  
 mot redupta son payre, car a gran cruzelat.  
 2140 anet a las fenestras del fi marbre obrat,  
 que fo davas la mar del palaytz qu' es listrat;  
 e sonet a la vielha, et ela venc de grat,  
 et ela venc corren, car no saup son pensat.  
 entro a las espallas a son cap fors gitat.  
 2145 Floripar a guinhat Malmuzet de Gornat,  
 et el si venc corren, qu' enten sa voluntat.  
 per las cambas la pren, car be saup son pensat.  
 en la mar la balansa, no y a gayre punhat.  
 "vielha" dis Floripar, "a fol avetz parlat:  
 2150 per vos no seran mays miccy Frances laujenjat."  
 can los comtes o viro, gran joya u' an menat.  
 Floripar venc als comtes; si los a embrassat.  
 Olivier esgardet, tot lo vic sanglentat.  
 "senher" dis Floripar, "digatz mi veritat,  
 2155 si vos avetz lo cors plagat ni mal menat."  
 "oc ieu" dis Olivier, "e lo flanc e' l costat."  
 so respon Floripar "ieu vo n daray santat."  
 e trays de son escrinh un bon enguen prezat.  
 ad Olivier l' aporta; e can l' en ac untat,  
 2160 el si senti pus sas que lunh falco mudat.  
 en un' areyre cambra an lo foc alucat:  
 nostres Frances s' asezo pres d' un forncl privat,  
 e la tavla fo meza, can els agro lavat.  
 las donzelas los siervon volontieyras de grat.  
 2165 nostre comte mangero tot a lor voluntat.

- apres can an manjat, li banh son asermat,  
e li comte lay intran, no ls an pas refudat.  
apres s'en son salitz, can si foro banhat.  
mau ric vestir de seda lor foro aportat:  
2170 cascus ac bo mantel de pali ben obrat.  
    "Senhors" dis Floripar, "ie' us ay fora gitat  
de la carcer preonda, on a gran cruzelat.  
Olivier qu' es ayssi a mo frayre nafrat.  
mas ja no us cal temer, totz etz assegurat."  
2175 "senhors" dis la donzela, "entendetz mon pessat.  
un cavayer de Fransa ay longuamens amat:  
Gui a nom de Bergonha, mot ia bel armat.  
depus qu' ieu fuy en Roma, el a mon cor emblat:  
Lucafer de Baudrac abatet en un prat.  
2180 s' il non es mos maritz, no auray home nat.  
per luy volray ieu creyre lo rey de majestat."  
can Frances l' entendero, Jesus n' an merceyat.  
"dona" so dis Berart, "si nos fosem armat,  
be foran tost paya del palays fors gitat."  
2185 "senhors" dis Floripar, "ja no sia parlat,  
e vos estatz sains ab joy et ab solatz.  
ve us ayssi v donzelas joves de pauc' etat:  
prenez cascus la vostra a vostra volontat,  
et ieu gardaray vos a tota liautat.  
2190 car ieu non ay que fayre de neguu home nat,  
car a' n Gui de Bergonha ay mon cor autreyat."  
    Ar laycharem estar nostres baros sarratz,  
e parlarem de Karle que tan fo reduptatz.  
lo duc Raynier de Gennes li es als pes gitzat.  
2195 "senher" so dis Raynier, "per merce m' entendatz.  
perdut ay Olivier que tan fo reduptatz.  
anaray lo mati, can sera adiat;  
iray querir mo filh, don mon cor es iratz."  
can Karles l' entendet, si li n pres pietat.  
2200 Rollan a regardat, e si li dis en patz.

- "bel nebs" so li dis Karles, "be fort soy ieu iratz  
 de mos nobles baros que son enpreyzonatz.  
 ieu vuellh vos e vj comtes qu' el mesatge fassatz.  
 anaretz lo mati; ad Agremonia intratz.
- 2205 si trobatz l' almiran, ieu vuellh que li digatz  
 que m renda la corona don dieus fon coronatz  
 e las autras reliquias don ieu soy tan penatz,  
 et en apres que m renda mos cavayers membratz.  
 e si non o vol fayre, ja non er restauratz
- 2210 que ieu no l fassa pendre, o sera escorjat."
- "senher" dis lo coms Guis, "aucioure nos faratz."  
 "senhors" dis le duc Naymes, "per que vos gaymentatz?  
 que nos sabem tuh be que per morir em natz.  
 nos farem lo mesatge ayssi cum comandatz;
- 2215 e si n' i a negu a qui siam forfaytz,  
 per amor dieu s' acort que us vuelha perdonar."  
 adonexs viratz baros plurar totz aburatz.  
 l' emperayre lor dis "franexs cavayers membratz,  
 a dani-dieu de gloria siatz vos comandatz."
- 2220 adonexs s' en van li comte, can els foro montatz.  
 per una grau montanha si son encaminatz.  
 Ara laysem ayssi nostres baros estar:  
 de l' almiran Balan vos vuellh un pauc cumtar,  
 qu' estet ad Agremonia corrosos et iratz.
- 2225 setz sus un fenestral que fo totz d' aur obratz.  
 us dels reys Sarrazis fon denant luy mandatz.  
 Moredas avia nom; tot premier a parlat.  
 "senher" dis lo paya, "per que ni' avetz mandat?"  
 "senher" dis l' almiran, "vos n' auziretz vertat.
- 2230 Karles lo rey de Fransa me quier granda foldad,  
 que vol tota Espanha e l' autre eretat.  
 mas enans c' ayssio sia, sera mot car comprat,  
 e degra star suau lo vielh canut barbat.  
 anatz a Marinonda, on el te son barnat,
- 2235 e digatz li que creza Bafomet de bon grat,

- e m renda Ferabras, lo mieu fill reduptat.  
e si non o vol fayre, el sera asetjatz,  
qu' ieu lo n' iray requerre ab c melier armatz.  
s' incontratz crestian que sia de mayre natz,  
2240 ab bran d' acier forbit sian a mort lieuratz."  
"senher" dis Moredas, "aucieure nos faratz."  
l' almiran li respon "xv vuellh que siatz."  
ab aquestas paraulas vec los vos adobatz,  
e montan en las selas dels destriers sojornatz,  
2245 e parton d' Agremonia tuh ensemps ben armatz.  
entro sus a Martiple no s son aremenatz:  
al plus tost que els pogro son d' outra 'l pon passatz  
duc Nayme de Baviers s' es vas destre gardatz.  
et a vistz los penos encontra 'l ven levatz.  
2250 "ay dieus" so dis duc Nayme, "e com em enginatz!  
ve us que veno li Ture totz ensemps abrivatz."  
"senher" so dis Rollan, "per que us espaventatz?  
els no so xx ni xxx, que ieu los ay comtatz.  
mas anem lor encontra, los gonfaynos levatz."  
2255 ab aquestas paraulas vec los vos adobatz  
encontra ls xv reys, lors fres abandonatz.  
ab tan ve us Moredas ab los reys totz armatz.  
lay on vic los Frances, si ls a enrazonatz.  
"estes vos crestia? per mal siatz trobatz.  
2260 jamay no veyretz Karle, vostre rey coronat."  
"vassal" so dis duc Nayme, "vilanamen parlatz.  
nos em home de Karle, lo fort rey coronat.  
anam a l' almiran, si s vol crestiauar.  
e si non o vol fayre, sera deseretatz."  
2265 can Moredas l' enten, si los a escridatz.  
"e voletz vos combatre? o c' avetz en pensat?"  
"oc nos" so dis duc Nayme, "volontiers e de grat."  
so respon Moredas "vostre temps vey finat,  
c' aytals x n' auciria ans del solelh colcat.  
2270 trametetz m' en un jove, e sia ben armatz:

- vos avetz trop lo pel e canut e mesclat.<sup>22</sup>  
 sos companhos apela; si lor a comandat.  
 "senhors" dis Moredas, "vas me vos esgardatz.  
 cum qu' aquest playt fenisca, d' ayssi no vos partatz:  
 2275 car ilh seran per mi totz li vij conquistatz."  
 els autres lhi respondo "si cum vos comandatz."  
 can Rollans los enten, el ne fo mot iratz,  
 et a dit al paya "mal nos as esprovatz.  
 ar vos gardatz de mi, e faytz so que puscatz."  
 2280 doncx broca Valenti per amdos los costatz,  
 e si s fe Moredas, de ferir talentatz.  
 mot grans colps si donero sus los escuts blocatz:  
 desotz las blocas d' aur an lors escutz trancatz.  
 mas tan so ls auberes fortz qu' en re no ls an falsatz.  
 2285 las astas son brizadas e ls escuts pertuzatz.  
 traytas an las espazas dels senestres costatz.  
 Rollan le nebot Karle a son bran aut levat,  
 que l' elme del paya a trastot detrengat,  
 qu' entro sus a la sela en a son bran colat.  
 2290 el a estort son colp; si l' a mort trabucat.  
 can o an vist li autre, mot ne son esmayat,  
 et a dit l' us a l' autre "mala ns an encontrat,  
 que mortz es Moredas, lo bon rey coronat.  
 ar pensem de l venjar, sian tuh degolat."  
 2295 doncx derengan payasorrosos et iratz,  
 et acuelho Rollan ab lors brans aceyratz.  
 e Frances derenguero encontr' aval los pratz  
 et acuelho payas, no ls an ges refudatz,  
 que no n' i a mas un qu' en sia escapatz.  
 2300 entro ad Agremonia no s' es pas estancatz.  
 can lo vic l' almiran, amb el s' es razonatz.  
 si li a demandat "per que vo n' etz tornatz?"  
 el paya respondet "senher, ben o sabratz.  
 vij glotos encontrem dela Martiple èls pratz,  
 2305 que eran crestias: so es fina vertatz.

- eran home de Karle rey de Fransa, sapiatz,  
et an mos companhos aucitz e detrencaz.  
et ieu escapiey lor: ve us que m' en soy toruatz.  
Bafomet los maldia e lor do mal asatz.”
- 2310 can l' enten l' almiran, pauc non es forsenatz.  
Ar laycharem ayssi de l' almiran estar,  
car de nostres baros volrem aras parlar.  
Mot foro nostre comte trebalhatz e penatz.  
“senher” so dis duc Nayme, “e com em enganatz!  
2315 nos tornarem areyre, si mon cosselli justatz.  
per lo mieu esien ja non serem blasmatz.”  
“senher” so dis Rollan, “e vos cum si parlatz!  
ieu no m' en tornaria per l' aur de x ciutatz,  
entro aya parlat ab l' almiran Balatz.  
2320 ar fassam una causa de que sia parlat.  
cascus prengna ij testas a l'arso nozelat,  
e farem ne prezen perdenant l' almirat.”  
e Naymes li respon “que dis tu, forsenat!  
aucieure nos vols totz, e serem turmentat.”  
2325 so dis Teri d' Ardena “el a mot be parlat.”  
ab aquestas paraulas se son trastuh levat,  
e cascus pres ij testas, si cum fo devizat.  
tost et irnelamen si son encaminat.  
duc Nayme de Bavier a denant si gardat,  
2330 e vi' l pont de Martiple e' l mur endentelhat.  
“senhors” so dis duc Nayme, “aiatz qu' eus vuetl comtar.  
ve us ayssi Agremonia on nos devem anar.”  
so dis Augier lo Daynes “pus nos cove a far,  
car ayssso es Martiple el gran pon ses duptar.  
2335 xx arexs lay a de marbre, que fan mot a lauzar,  
fay ab plom per cumpas: anc hom non vie son par.  
et a una bertresca sobre cascus pilar,  
e podo en cascuna xx cavayer estar.  
li mur que son entorn, no y fan ges a laychar:  
2340 lo pus bas a x canas e may senes duptar.

- la largueza del pont no vos say devizar:  
 be lay podo ensemps e cavayer passar.  
 x cadenas lay a de travers per fermar.  
 perdesotz cor una aygua, Flagot si fay nomnar.
- 2345 us jayan garda 'l pont, que mot fay a duptar,  
 e te una gran massa qu' es de coyre mot clar.  
 no es hom qu' un basto pogues tan leu levar  
 cum el fa cela massa e levar e baychar.  
 qui l' almiran volra vezer ni esgardar,
- 2350 pel mieg loc d' aquel pont lo cove a pasar."  
 "aylas" dizo Frances, "co n poyrem escapar?"  
 "senhors" so dis Rollan, "laychatz lo gaymentar:  
 car per ayceel senhor que s laychet clavelar,  
 ieu ferray lo portier, s' ieu lo puese atrobar,
- 2355 qu' estara ayssi pla que ben poyrem passar."  
 e Naymes respondet "que dis tu, senher bar?  
 vols tu donar un colp per iiij recobrar?  
 si dieu platz ni a sa mayre que devem adorar,  
 tan lor diray mesonjas que be poyrem passar."
- 2360 ab aquestas paraulas si van encaminar.  
 lo portier de lains los pres a regardar:  
 ab plus de mil payas venc lo pont avalar,  
 que tuh portan gazarmas e garnimens mot clar.  
 aqui fo le duc Nayme que saup mot ben parlar.
- 2365 lo portier salli avan, per lo fre l vay guafar,  
 et a dit al duc Nayme "on voletz vos anar?"  
 e Naymes respondet "ieu no us o vuelh celar.  
 nos em home de Karle, lo noble rey ses par-  
 anam ad Agremonia un mesatge comtar
- 2370 a l' almiran Balan que tan fay a duptar.  
 pero mot malamen vol son pays quistar.  
 xv glotos trobem desay Martiple èls pratz,  
 que nos volian tolre nos destriers sojornatz.  
 mas merce dieu de gloria els o an car comprat,
- 2375 e portam ne las testas a Balan l' almirat,

que es ad Agremonia ab so noble barnat."

Can l' enten lo portier, pauc non es desenatz.  
pueys a dit al duc Naymes "vassal, ar m' escoutatz.  
lo trahut d' aquest pont vuelh que vos mi rendatz."

2380 "sira" dis le duc Naymes, "ara donchs le nomnatz."

so respon le portier "non es leugiens trobatz.  
premieyrament deman cccc cers cassatz  
e c piuzelas castas e c austors mudatz  
e c palafres saurs, c destriers sojornatz,

2385 apres d' aur et d' argen cc saumiers cargatz.

e qui no pot pagar, es tantost obligatz  
per servir lo trahut que sia escapsatz."

"senher" so dis duc Naymes, "si pus en demandatz,  
tot vos o donaray ans qu' el sol sia levatz.

2390 ayssi ve nostr' arnes e c melier armatz.

asatz avem pinzelas ab bels cors honoratz,  
et aubercxs e bos elmes e fortz escutz blocatz.  
e prendetz ne, bel senher, a vostras voluntatz."  
el portier li respon "ara doncas pasatz.

2395 anc mayns no y paset home de so no fos pagatz  
ans que pases le pont, o no fezes nos gratz."

Naymes laycha las regnas, e si s pres a pasar.  
Rollan le nebot Karle en vay un ris gitar.

"per ma fe, senher duc, mot sabetz ben parlar."

2400 et acuelho per forsa lo gran pon per passar.

e Rollan vay detras, lo noble e lo bar,  
e cauzic un paya que vic latz si estar.

"ay dieus" so dis Rollan, "bel rey de majestat,  
vos mi laychatz far cauza de que sia parlat."

2405 el dissendet a terra del destrier sojornat,

e venc al Sarrazi. per lo flanc l' a cobrat:  
tost et irnelament en l' aygua l' a tombat.

e pueys pres son caval et el es sus montat.  
duc Naymes de Baviers a denant si gardat,

2410 et a vist lo paya en l' aygua crebantat.

- "Ay dieus" so dis duc Nayme, "qu' en la crotz fust levatz,  
 per Rollan serem buey trastub a mort livratz:  
 car e melia diable l' an ayssi amenat."  
 tan cavalgo per forsa qu' el gran pou an passat.  
 2415 entro ad Agremonia no an trop sojornat.  
 per mieg la major porta se so dedins intrat.  
 un Sarrazi encontran, et an li demandat  
 "on poyrem l' almiran vezer ni son barnat?"  
 el Sarrazi respon "ie' us o diray de grat.  
 2420 vec le vos lay dedins sotz cel aybre ramat."  
 "Senhors" so dis duc Naymes, "a mi vos autreyatz  
 qu' ieu parle totz premiers, e vos tuh m' escoutatz."  
 "mas ieu" so dis Rollan, "senhors, si a vos platz."  
 e Naymes li respon "vos no faretz, si eus platz.  
 2425 ancieure nos faretz ans qu' el jorn sia passatz."  
 els autres baros dizo "Naymes, vos comensatz."  
 per la porta major s' en son parlan anatz:  
 entro a l' almiran no son pas arestatz.  
 Duc Naymes de Baviers a premiers paraulat.  
 2430 "aycel senhor de gloria que lo mou a creat,  
 sal e gar Karle mayne, lo bon rey coronat,  
 Rollan et Olivier e tot l' autre barnat;  
 e per la crotz del cap cofonda l' almirat,  
 car mot a malamens son pays aquitat.  
 2435 xv glotos trobem dela Martiple el prat,  
 que nos volian tolre nos destriers sojornat.  
 mas merce dieu de gloria, be o an car comprat,  
 e ve us aychi las testas, qu' en crezatz la vertat."  
 Can l' enten l' almiran, pauc non es forsenatz.  
 2440 ab tan ve us lo paya que lor fo escapatz.  
 ab sa votz que ac clara a mot n aut escridatz  
 "ay senher almiran, siam ne nos vengatz.  
 ayssos son li gloto qu' els reys an escapsatz."  
 so respon l' almiran "mot seran be vengatz."  
 2445 pueys a dit al duc Naymes "augam que demandatz."

- 'volontiers'' dis lo duc, "n almiran, pos vos platz.  
sabs que t comanda Karle, lo bon rey coronat,  
que lh rendas la corona don dieus fon coronat,  
e las autras relequias don el es tan irat.
- 2450 et en apres demanda sos cavayer membrat.  
e si tu non o fas si cum ieu t' ay comtat,  
Karle ti fara pendre coma layre provat,  
que no t restauraria nulli hom de mayre nat,  
o t menara ab si cum mausti encoblat."
- 2455 e l' almiran respon "be m' as en gran viltat.  
ar t' en vay lay sezer, car asatz as parlat.  
e parlaran cels autres, que no say lor pensat.  
Bafomet me maldia, cuy ay mon cor donat,  
si ieu dormiray mays tro siatz demembrat."
- 2460 "per fe" so dis duc Naymes, "ans auratz trop velhat,  
car dieus m' en gardera e tot l' autre barnat."  
En apres comenset Richart de Normandia.  
"ar m' entendetz" dis el, "almiran de Nubia.  
saps que ti manda Karles ab la barba floria
- 2465 que t fasas bateyar per emendar ta via.  
e ren li la corona que as foramania,  
et en apres demanda sey cavayer noblia.  
e si tu non o fas, be sapias ses bauzia,  
Karle ti fara pendre, et er mot breu lo dia."
- 2470 e l' almiran respon "Bafomet ti maldia.  
ieu cre be que tu sias Richart de Normandia,  
que m' aucizist Corsuble e mon oncle Matbia;  
e no mangaray mays tan can seras a via.  
ar t' en vay lay sezer latz cela cumpanbia,
- 2475 e parlaran los autres que no ay auzitz mia."  
Le due Teri d' Ardena s' en es apres levatz:  
l' almiran apelet ayssi cum auziratz.  
"sabs tu que t manda Karle, l' emperador prezatz,  
que lh rendas la corona don dieus fon coronatz,
- 2480 e las autras relequias per cuy es tan iratz,

e crezas en Jesu e sias bateyatz.

en apres ti demanda sos cavayers membratz."

so respon l' almiran "don glotz, ara us calatz,

qu' enans que vega l ser vuellh que pengatz siatz."

2485 "n almiran" dis Teri, "no seray, si dieu platz."

Lo pros Bazi de Genna s' es apres avan mis.

"almiran" dis lo comte, "entendetz mos latís.

per mi vos manda Karle, lo bon rey de Paris,

que crezatz dami-dieu que en la crotz fo mis,

2490 e lh rendatz las relequias e ls cavayers de pris.

e si non o vols fayre, tu sias certs e fis

que Karle ti tolra la testa e ton pis,

o t fara tot viu pendre, e sera breus lo dis."

e l' almiran respon "mal mi sap car es vis,

2495 e tu seras pendutz enans qu' el jorn falís."

"n almiran, no seray, que dieus m' en sera pis."

Mas Augier lo Daynes s' en es apres levatz.

l' almiran apelet si cum auzir poyratz.

"almiran" dis Augier, "si tot vos etz iratz,

2500 entendetz que us diray: no n siatz corrosatz.

per mi ti manda Karle, nostre hos avocatz,

que lh rendas la corona e ls cavayers membratz

e las autras relequias que conquis Ferabratz.

e si tu non o fas, mortz iest e decassatz."

2505 so respon l' almiran "be soy envergonhatz.

anatz vos lay sezer, e' asatz etz escoutatz.

mas enans de mieg dia auretz vos mal asatz."

"n almiran, non auray" so dis Augier lo bar.

Rollan le nebot Karle es è sos pes levatz.

2510 tota la gent l' agarda, tant es grans e cayratz.

"Sarrazi" dis lo duc, "un petit m' escoutatz.

sabs tu que t manda Karle, lo fort rey coronatz,

que crezas en cel dieu qu' en la vergi fo natz.

e ren li la corona don dieus fon coronatz,

2515 e las dignas relequias per que es mot iratz.

- eu apres ti requier sos cavayers membratz.  
e si tu non o fas, tan seras escapsatz  
ab aquesta espaza que porte a mo latz.”  
so respon l' almiran “vassal, massa parlatz.
- 2520 Bafomet vos cofonda, can soy envergonhatz.  
e vos seretz pendutz ans qu' el jor sia passatz.  
tornatz vos lay sezer de costa cels barnatz.”  
Lo coms Guis de Bergonha s' en es apres levatz.  
l' almiran apelet si cum auzir poyratz.
- 2525 “sabs tu que t manda Karle, l' emperayre prezat,  
que crezas dami-dieu e sias bateyatz.  
e ren li la corona don el fon coronatz,  
e las autras relequias don el es tan penatz.  
e manda que li rendas sos cavayers membratz.
- 2530 e si tu non o fas, mort iest e decassatz,  
e t fara tot viu pendre, que non escaparatz.”  
so respon l' almirant “mot soy envergonhatz.  
ar vos anatz sezer, vostre temps er finatz:  
jamays autre mesatge per vos non er portatz,
- 2535 car vos seretz pendutz o seretz escorgatz.”  
respondet En Guio “no seray, si dieu platz.  
fort nos avetz a totz malamen menasatz:  
encara us gitarem d' aquetz vestres palaytz.”  
L' almiran s' en intret corrosos et iratz,
- 2540 et apelet Brullau cuy era Monmiratz,  
Sortibran de Coïmbres e dels autres asatz.  
“baro” dis l' almiran, “quinh cosselh mi donatz?  
auzit avetz cum soy è ma cort vergonhatz.”  
“senher” dis Sortibran, “bon conselh vos er datz.
- 2545 trastuh sian pendutz et en forcas levatz.  
apres vos anatz on Karles es lotjatz,  
e penretz lo per forsa, e sera enforcatz.”  
so respon l' almiran “si cum vos devizatz.  
anatz mi tost als autres, de carcer los gitatz.”
- 2550 Floripar la corteza los a totz escoutatz,

- e salic de sa cambra e davala ls degratz:  
entro sus a son payre no si restanquet pas.  
"payre" dis Floripar, "ie' us prec que m' entendatz.  
qui son cest cavayer? per Bafom, no m mentatz."
- 2555 "filha" dis l' almiran, "els son de Fransa natz,  
e soy è mon palays per els envergonhatz.  
e digatz mi, ma filha, quinh cossell mi donatz?"  
"senher" dis Floripar, "ieu lo us diray assatz.  
vos los faretz totz pendre, o seran desmembratz,  
2560 e los pes e los mas totz agan detrencatz."  
"filha" dis l' almiran, "si cum vos comandatz.  
ar anatz per los autres, de carcer los gitatz."  
"senher" dis Floripar, "vos noca us etz dinnatz,  
e si faytz far justezia, trop fort dejunaratz:  
2565 non mangaratz vos huey tro qu' el jorn fos passatz.  
lienratz mi los Frances, que be saran gardatz.  
pueys ne faretz justezia, can vos seretz dinnatz."  
"filha" dis l' almiran, "bon cossell mi donatz.  
faytz los ne doncx menar lay on comandaratz."  
2570 "senher" dis Sortibran, "ar vey qu' etz enganatz.  
hom no deu creyre femna, trop mal n' es alucatz."  
Can Floripar l' enten, cuyda enrabiar.  
gloto l' en apelet, que no s' en pot estar.  
"fill de puta" dis ela, "en fol vos aug gabar.  
2575 si per las autras donas non fezes a blasmar,  
ieu vos dera tal colp que us feyra trabucar,  
e us feyra las cervelas del vostre cap sautar."  
"filha" dis l' almiran, "tot so laychetz estar.  
mas prendetz los Frances, si los faytz ben gardar.  
2580 aqui on so li autre, hom los fassa estar,  
e farem ne justezia ades apres dinnar."  
Ela dis als Frances "senhors, avant anatz."  
entro pres de la carcer no si son arestatz.  
"ay dieus" so dis duc Nayme, "bel rey de majestatz,  
2585 qui vic si bela dona oncas de lunhs regnatz!

- be l' avria Jesus benezit e senhat,  
en cuy ela auria son coratge donat."  
e Rollan li respon "trop avetz foleyat."  
"senher" so dis duc Naymes, "joves fuy per amar."  
2590 "senhors" dis Floripar, "ayssso laychatz estar:  
car non etz pas ayssi vengutz per sojornar."  
en la cambra los met ses pus de demorar.  
apres a fah las portas Floripar be tancar.
- Can nostre baro foro en la cambra intrat,  
2595 Rollan vic Olivier, e si l' a embrassat.  
e si s feyro li autre, que be lor venc en grat.  
"companh" so dis Rollan, "e cum vos a estat?"  
so respon Olivier "eo hom enprezonat.  
per dieu, que fay mon payre? companhs, no m sia celat.  
2600 ni que fa Karle mayne, lo bon rey coronat?"  
"senher" so dis Rollan, "que so per vos iratz.  
Karle nos a trames que saupsem on . . atz."  
"senhors" dis Floripar, "a mi vuell qu' entendatz.  
ieu vuell que tuh ensemble vostra fe m pleniatz  
2605 que faretz so qu' ieu vuellha ses totas falsetatz."  
"volontiers" dizon tuh. "veyam que demandatz."  
Floripar abrasat Richar de Normandia.  
"e cum avetz vos nom? no m' o celetz vos mia."  
"dona" so dis Richart, "no us o celaray mia.  
2610 hom m' apela Richart; natz fuy è Normandia."  
so respon Floripar "Bafomet ti maldia:  
tu m' ancizist Corsuble e mon oncle Mathia.  
mas be t restaurara cest outra baronia."  
Floripar pres Rollan per lo notz del baudratz.  
2615 "e cum avetz vos nom, frane cavayer membratz?"  
"dona" so dis Rollan, "mos nom no us er celatz.  
hom m' apela Rollan, can soy per dreyt nomnatz,  
e soy nebotz de Karle, e fuy de sa sor natz."  
"ay dieus" dis Floripar, "tu n sias honoratz."  
2620 ela li catz als pes. "senhe, merce m' ayatz."

- e Rollan la redressa belamens et en patz.  
 "senhors" dis Floripar, "tuh m' avetz afizatz  
 que d' ayso qu' ieu volray va Karle m' ajudatz."  
 dis Rollan "oc, donzela: vegam que demandatz."  
 2625 "ie' us deman per marit un cavayer onratz,  
 Gui a nom de Bergonha, car fort es bels armatz."  
 "pieuzela" dis Rollan, "a vostras volontatz.  
 non a entr' el e vos üij pes mezuratz."  
 "senhors" dis Floripar, "ara doncx lo m fermatz."  
 2630 "venetz avan, don Gui; la molher vos fermaiz."  
 "senhors" dis En Guio, "ja vos non o vulhatz,  
 que ja ferme molher ni sia molheratz,  
 si Karle no la m ferma, lo bon rey coronatz."  
 can l' enten Floripar, tot lo sanc li 's mudatz,  
 2635 e jura Bafomet "si vos no mi fermatz,  
 ieu vos faray totz pendre, o seretz desmembratz."  
 "cozi" so dis Rollan, "faytz nostras voloutatz."  
 "senher" so dis En Gui, "ayssi cum vos vulhatz."  
 per la ma pren cascu, si los a afizatz.  
 2640 "ay dieu" dis Floripar, "tu n sias honoratz.  
 ar ay la re del monde que pus avia amat.  
 e faray mi per luy bateyar de bon grat,  
 e creyray Jesu Crist, lo rey de majestat."  
 lo bras li met sul col, si l' a fort abrossat.  
 2645 mas no l' auza bayzar, car no n a comiat,  
 per so car es payana, que be lh vengra a grat.  
 la pieuzela s' en intra ab gen cors honorat,  
 e vene ad un escrinh, mot tost l' a desfermat.  
 un ric pali de seda de lains a gitat,  
 2650 e desobre un marbre l' a mot gen despleyat,  
 e pauza y la corona don dieus fon coronat,  
 e los santes clavels e' l signe honorat.  
 Ara laychem aychi nostres baros en patz,  
 car els an azorat las relequias en patz.  
 2655 de l' almiran Balan vos er dita vertatz,

que setz gen al dinnar, el e totz sos barnatz.  
 ab tan ve us un paya qu' en la sala es montatz;  
 Lucafer de Baudrac fo sos nom apelatz:  
 non a si felo home en xiiij regnatz.

2660 Lucafer s' en montet en la sala peyrina.  
 lay on vic l' almiran, en auta votz li 'seria  
 "senher rey almiran, digatz mi ses bauzia,  
 qui conquis Ferabras, lo rey que tan valia,  
 el milhor cavayer que fos desay Suria?"

2665 "per fe" dis l' almiran, "no us o celaray mia.  
 us Frances l' a vencut en batalha ranjia,  
 e si es bateyatz, don ne perdray la via.  
 e pueys si venc Brullan e lo rey de Ongria,  
 v prezes amenero que so en establia.

2670 e si a vij mesatges de Fransa la garnia,  
 que m' an mot vergonhat denant ma baronia.  
 a Floripar ma filha los ay mes en baylia."  
 "senher" dis Lucafer, "per so fist gran fullia,  
 car femna en pauc dora son coratge cambia.

2675 mas iray ad els, si Bafom benezia,  
 e sabray dels qui so ni de cal baronia."  
 "anatz" dis l' almiran, "Bafomet vos bendia.  
 si amenatz ma filha, Floripar la chauzia."

Lucafer de Baudrac fo de mot gran fertat.

2680 vengutz es a la cambra del fi marbre listrat.  
 tant era de mal cor que non a mot sonat,  
 mas levet lo pe destre, que a gros e cayrat.  
 de tal forsa fier l' us que lh gofon so volat:  
 èl mieg loc de la cambra cazec l' us eversat.

2685 can o vic Floripar, tot lo sanc a mudat.  
 Rollan lo nebot Karle a premier apelat.  
 "senher, d' aquest mi venga, si vols aver mon grat.  
 so es cel que hom m' a per marit tan parlat."  
 "dona" so dis Rollan, "no n sia pus parlat,

2690 qu' enaus qu' el s' en retorn, sera ben aquitat."

- ab tan vec vos vengut lo rey tot azirat.  
 los baros vic armatz, mas non a un duptat.  
 trastot premieyramen a Naymes encontrat,  
 c' avia 'l pel canut: l' elme n' era ostat.  
 2695 lo paya lo sayzie per son grinho mesclat:  
 contramon lo level; pauc no l' a eversat.  
 el li a en Frances duramens demandat  
 "don iest tu natz, vilhart? gara no m sia celat."  
 e Naymes li respon "vos n' auziretz vertat.  
 2700 ieu fuy natz en Baviers, e si tenc l' eretat.  
 ostats la ma, bel senher, de mon grinho barbat,  
 car ieu n' us diray ja tot so c' ay en pensat."  
 el paya respondet "tot vos sia perdonat."  
 Naymes receup son bran, c' om li ac aportat:  
 2705 sul nozador del col tal colp li a donat,  
 lo cap ad una part e' l cor cay eversat.  
 Floripar la corteza tantost l' en a levat,  
 et am sas companhonas en l' aygua l' a gitat.  
 e pueys dis Floripar "complit ay mon pensat  
 2710 de Lucafer, que tant m' avia hom parlat."  
 "senhors" dis Floripar, "entendetz mon pensat.  
 l' almiran e sos homes son tuh assegurat.  
 el amava cest Turc pus que lunh home nat.  
 el lo fara seguir, ja no er trastornat.  
 2715 e si eus troba sayns et aychi arnescat,  
 no us gueriria tot l' aur de la crestandat.  
 ara prenga cascus son bon elme gemat,  
 e prendetz vos escutz qu' en els vos ayzinat,  
 e anatz vo n lajos en cel palays listrat,  
 2720 e guardatz vos no y sia negus estalviat."  
 "certas" dizo li comte, "mot avetz ben parlat."  
 cascus pres son bon elme e l' espaza al latz:  
 lors escutz abrasatz s' en icycho arengatz,  
 ardiu coma leo, duy e duy ordenat.  
 2725 Rollan anet premiers, lo vassal esprovat;

- costa luy Olivier, que tan sap de barnat,  
e pueys vengro li autre, de ferir talentat.  
payas e Sarrazis an en sezens trobat.  
Rollan crida "Monjoya! baro, feretz de grat."
- 2730 Olivier vay ferir lo fort rey Rodoat,  
e per mieg las fenestras del ric palays listrat  
en salh cel que pus pot, com home desenat.  
can l' almiran los au, tot lo sen a mudat:  
a las fenestras cor cum hom enrabiât,
- 2735 e pauza los pes sus et sautet èl fossat.  
Rollan lo cuyd' atener de son bran aceyrat,  
e det tal sus un marbre e' un cartier n' a valat.  
Frances prendo la tor e' I gran palays listrat.  
be l' an de Sarrazis e de Turexs deslieurat,
- 2740 pueys an clauzas las portas e lo pon sus levat.  
ara pens dieus qu' els ayo vianda a plantat.  
e l' almiran Balan que fo bas èl fossat,  
Sortibran de Coimbres l' en a pel ma gitat.  
Ar son nostres Frances sus en la tor cayrada:
- 2745 Sarrazis lor asalho, la puta gen malvada.  
l' almiran apelet Malpi de Granmolada:  
non a si fort layro jusc' a la mar betada.  
"Malpi" dis l' almiran, "per ma barba mesclada,  
si avias la cintura a ma filha panada,
- 2750 ieu t' en daria d' aur una mula carguada.  
e pueys auran Frances vas mi pauc de durada:  
tan can dur la cintura, la tor uo er afamada."  
"senher" so dis le layre, "ades a la vesprada  
vos auray la cintura e la filha panada."
- 2755 can l' enten l' almiran, gran joya n' a menada.  
lo layre esperet tro miega nueyt passada.  
vengutz es al fossat, pres de la tor cayrada.  
tantost intret dedins cuendamens a celada.  
venc a l' us de la cambra: si la trobet tancada.
- 2760 et a dit son conjur: tota s' es desfermada.

- li bar dormiro tuh per la sala listrada.  
 mantenenent ac lo layre nostra gen encantada.  
 lo coms Guis de Bergonha ab la cara membrada  
 setz en una fenestra devas la mar salada
- 2765 per gaytar de la ost que es defors ajustada.  
 e lo layre no fetz pus lingua demorada,  
 vene al lieyt Floripar qu' es pus bela que fada.  
 tan cerquet la cintura lo glotz tro l' ac trobada.  
 e tantost s en chet las per la fiuela daurada.
- 2770 Floripar esgardet que vic gen colorada:  
 ab luy volgra jazer, tan fortmen li agrada.  
 per los flancxs nut e nut lo glotz l' a enbrassada.  
 la pienzela s' escrida: si s' es n aut escridada.  
 "Santa Maria dona, regina coronada!
- 2775 e vos on etz, baros? trop faytz gran demorada:  
 ja m' aura cest diable fors de mo sen gitada."  
 "per Bafom" dis lo layre, "ja no y auretz durada:  
 o vos vulhatz o no, scretz despienzalada."  
 vij pienzelas i corro totas descabellhadas:
- 2780 e can viro lo layre pus negre que molada,  
 tota la pus ardida es en fugen tornada.  
 lo glotz a Floripar desotz si eversada:  
 per lo mieu ensien ja l' agra vergonhada.  
 lo coms Guis de Bergonha a la noysa escotada:
- 2785 a la cambra el vene de tan gran randouada,  
 e can vic lo layro, sapiatz que no lh agrada.  
 el escrida s' ania "no ns duptetz, ma fermada."  
 can lo layre lo vic, sapiatz que no lh agrada.  
 mas lo coms lo feric de s' espaza temprada,
- 2790 en doas partz a luy e la cinta trencada.  
 la candela del layre es a terra volada,  
 anc pueys l' encantamen non ac pus de durada.  
 donc si levon li comte a cela revelhada.  
 En Guis lor a la cauza de cap en cap comtada.
- 2795 lo layre an gitat per mieg d' una prinada

- ab tota la cintura ins en la mar salada.  
ay dieus, per que o feyro ta mal endestinada!  
jamays aquesta perda no sera restaurada.  
perdud' an la cintura e dins è mar gitada,  
2800 qu' ela valia d' aur una gran tor sarrada.  
can Floripar o saup, entr' els cazet plasmada.  
e can Frances o auzo, sapiatz no lor agrada.  
entr' els an belamens Floripar conortada.  
lo jorn es aparutz, bela 's la matinada.  
2805 paya corro ad armas, la puta gen malvada.  
ja volran asautar cela fort tor cayrada.  
Lo jorn aparec clars, can fo 'l solelh levatz:  
paya corro ad armas e so s totz adobatz,  
Sortibran de Coimbre e dels autres asatz.  
2810 "baro" dis l' almiran, "quinh cosselh mi donatz?  
pus lo layre no torna, mortz es et afolatz."  
"senher" dis Sortibran, "per fe so es vertatz.  
faytz donex sonar vos grayles, e la tor asautatz."  
adonexs lor asautero enviro per totz latz.  
2815 e Frances lor lansero los grans cayres talhatz,  
e cels que acosiego, es tot lor temps finatz.  
Falitz lor es lo vis, la carn, el pa, el blatz.  
las pieuzelas an fam ab gen cors honoratz.  
Floripar s' espalmet, que tan a grans beutatz.  
2820 Gui l' anet redressar, sos novels maridatz.  
adonexs a fayt tal dol e' a pauc no es tombatz.  
et apela Frances, ab lor s' es razonatz.  
"baro" so dis le comte, "prec vos que m' entendatz.  
paya nos an sains en estz murs esserratz.  
2825 nos nou aguem vianda, ben a iij jorns passatz:  
e si perdem las donas, serem ne adantatz.  
per Sant Peyre l' apostol, que de dieu es privatz,  
mays amaria mon cors en x loexs fos nafrazt.  
iscam nos en defors, los auberexs endossatz,  
2830 e cercarem vitalha ab los brans aceyratz.

- mays an morir defors que dins meure famatz.”  
e Frances respondero “tot so es veritatz.”  
“senhors” dis Floripar, “prec vos que m’ entendatz.  
mot es prezatz petit lo dieu que vos amatz.
- 2835 si tan acsetz vos autres nostres dieus reclamatz,  
a manjar et a beure agratz pro et asatz.”  
“pieuzela” dis Rollan, “ar donexs los nos mostratz:  
e si ilh sou tan bo cum vos aychi comatz,  
nos los adzorarem, aysso es la vertatz.”
- 2840 Floripar lor respon “ades donexs o veyratz.”  
per un sotol terci a los comtes menatz  
dreyt a la sinagoga: el us fon desfermatz.  
lay estet Tervagan et Apoli de latz,  
e sobre totz aquestz Bafoniet mal fadat.
- 2845 del pus fin aur d’ Arabia era cascadeus formatz.  
“vassals” dis Floripar, “ara los adzoratz.”  
“dona” so dis Augier, “mot los ay sermonatz.”  
“per dieu” dis lo coms Guis, “pauc son apoderatz,  
car ill son adormitz et an lors huelhs huilatz.”
- 2850 d’ Apoli s’ apropchet: a terra fon gitatz.  
Augier fier tan Margot tro que fo peseyatz.  
“pieuzela” dis Rollan, “malvatz dieus adzoratz,  
que pus que son cazutz, non es us vieus levatz.”  
“rertas” dis Floripar, “so es fina vertatz.
- 2855 si jamays los azor, ieu vuellh que m’ aucizatz.  
ara prec cel senhor qu’ en la crotz fo levatz,  
e la santisma vergis que l portet a son latz,  
que ns trasmeta de Fransa breumen de sos barnatz  
e nos do a manjar per las suas bontatz.”
- 2860 “senhors” dis Olivier, “per fe trop demoratz.”  
“companh” so dis Rollan, “aysso es veritatz.”  
tost et irnelamen an lors escutz cobratz,  
e portan lors espazas als senestres costatz.  
venguh son als estables, lors cavals an trobatz:
- 2865 li comte i montero, als estrieups fon ficatz.

e pueys van a la porta, lo pont es davalatz.  
ar los condna dieus qu' es vera trinitatz,  
car els son fors salitz del castel, so sapiatz,  
et enans qu' ilh repayro auran mans colps donatz.

2870 Rollan le nehot Karle a Naymes apelat.

“senher, vos romandretz, e Teri l' abdurat,  
per gardar la intrada tro siam repayratz.”

“senher” so dis duc Naymes, “ans sia ieu crematz  
qu' ieu ja sia portiers a tota ma etat.

2875 aras conoc ieu be que petit mi prezatz.”

“per fe” dis Olivier, “Nayme ditz veritat.  
vos anaretz ab mi, bel senher, si vos platz,  
e Teri romandra e Bazis lo lauzatz.”

E can Teri d' Ardena a la paraula auzia,  
2880 que lo coms Olivier de romandre lo pria,  
de mal talen que a tot lo cor li fremia.

e dis ad Olivier “vos pesatz gran folia,  
car dizetz qu' ieu romanda en esta fermaria.”

2885 “senher” so dis Rollan, “pel filh Santa Maria,  
vos e Bazi gardatz cesta porta garnia.”

li comte so montatz suls cavals d' Arabia,  
e son salitz defors entr' els Turcx de Suria.  
li baro cavalguero per la gran pradaria.  
dami-dieu lor ajut, lo filh Santa Maria,

2890 qu' ilh van querre vitalha, car grans obs lor seria.

Le jorn fo bels e clars, e fo mieg jorn passatz:

li comte cavalguero en contraval los pratz,  
e Ture e Sarrazi lay foren ajustatz.  
e l' almiran Balan s' es aval regardatz,

2895 et a vistz nostres comtes suls destriers sojornatz.

l' almiran apelet Brullan de Monmiratz,  
Sortibran de Coimbres e dels autres asatz.

“baro” dis l' almiran, “quinh cosselh mi donatz?”

lay cavalgan Frances, lors golfaynos levatz,

2900 e s' am vida n' escapan, mot en seray iratz,

- car aquels son li comte qu' estan dins enserratz.<sup>29</sup>  
 can payas l' entendero, mot si son tost armatz.  
 e Frances s' eslaychero, lors fres abandonatz:  
 dels esperos donavo als destriers sojornatz.
- 2905 Rollan crida "Monjoya! baro, ara lor datz."  
 ab son espient trencan el n' a x trabucatz.  
 cascus de nostres comtes si s' es ben esprovatz.  
 ab tan ve us Clarion ab xx melia armatz:  
 neps era l' almiran e de sa seror natz.
- 2910 Ab tan vec vos punhen Clarion lo leugier,  
 et ac en sa companha xx melia cavayer.  
 Rollan a escridat Berart de Monleudier,  
 En Gui com de Bergonha e lo Daynes Augier.  
 "per dieu al ben ferir, nobili cavayer:
- 2915 fasam que las pieuzelas agneson que mangier,  
 e nos autres meteis, que be ns auria mestier."  
 el a trayt Durandart, e broca son destrier.  
 amon per mieg son elme feric Flori de Quier:  
 trastot l' a perfendut entro sus al braguiet.
- 2920 d' aquel colp s' espavento li gloto aversier:  
 ayssi fuio Rollan com alauza esparvier.  
 adoncx s' es escridatz Berart de Monleudier  
 "ar pense de be fayre qui volra domneyer."  
 la paraula Berart fa ls comtes alegrier.
- 2925 adoncx viratz Frances sus payas cavalgnier:  
 de mortz e de nafraz fan lo camp enjonquier.  
 mas si Jesus non pensa, els auran destorbier,  
 car tans payas lay a, no ls podon avizier.
- Mot fo sobriers l' estorn dels cavayers membratz,
- 2930 mas payas son cregutz, los malvatz renegatz.  
 en pouca dora foro e melier ajustatz,  
 e Frances s' en repayro belamens per los pratz.  
 aventura lor venc: dieus en sia lauzatz.  
 al repayar qu' els feyro, an xx saumiers trobatz,
- 2935 que de vi, que de blat e de carn son cargatz.

- us paya de Margota los i a amenatz.  
los Turexs que los menavo an mortz et afolatz,  
pueys an totz los saumiers denant lor arotatz.  
duc Naymes los conduy e 'ls autres van de latz,  
2940 e Rollan va detras ab lo cor abduratz,  
et Olivier ab el, que venquet Ferabratz.  
e Sarrazi lor veno que los an escridatz.  
li baro si virero suls destriers sojornatz,  
e trazo lors espazas que tenon als costatz.  
2945 cuy cossegon a colp, es son temps afinatz.  
ab aytan fo l' estorn del tot renovelatz.  
li Turc trazo sagetas ab lors arcx atensatz.  
lo duc Bazi de Lengres fo aqui mortz gitatz.  
lay correc Olivier et Rollan totz iratz,  
2950 e' l com Gui de Bergonha et Augier lo lauzatz.  
e paya les asauto enviro per totz latz:  
ab lors arcxs Turques van denant totz abrivatz.  
Clarion los escrida "Frances, no y duraratz."  
cau Guio los enten, vas luy s' es retornatz.  
2955 mas enans que l feris, fo mot mal encontratz.  
desotz li fon aucitz lo destrier sojornatz.  
lo coms cazet a terra. mas ans que fos levatz,  
be y ac mil Sarrazis, don fo revironatz,  
e fo saysitz per forsa e mal son grat sobratz.  
2960 e can l' agron trayt l' elme que fo totz d'aur obratz,  
d' una cenha de pali li an sos huelhs bendatz  
e las mas tras lo dos estreytamen liatz.  
lo coms reclamet dien que fo de vergi natz.  
"ay Karle mon bel oncle, jamay no mi veyratz."  
2965 dis lo rey Clarion "vos dizetz veritatz.  
a l' almiran Balan seretz ades leuratz.  
hom vos gardara huey: dema seretz peniatz."  
so respon Don Guio "no seray, si dien platz."  
Frances vezo 'l com Gui cum si es encombratz,  
2970 e laychero la preza, e so s' en repayratz.

- mas lo eoms Olivier s' es mot be avansatz:  
 v paos a sayzitz e vij grans pas asatz  
 e plen bossel de vi: ab tan s' en es anatz.  
 e payas los encausan, mot los an eseridatz:  
 2975 entro sus a la porta los an asolasatz.  
 le pont gandic les comtes, mas trops n' an peseiyatz.  
 pus d'una balestada an payas reculatz.  
 areyre s' en repayro, el pont es relevatz.  
 Rollan dichen a terra dolens e corrosatz,  
 2980 e lo Daynes Augier et tot l' autre barnatz.  
 de la vitalha s' es Olivier destrosatz:  
 el no la dera pas per l' aur de x ciutatz.  
 ab tan ve us Floripar la filha l' admiratz,  
 e lay on vic Rollan, tost l' a enrazonat.  
 2985 "senher, on es En Gui, mos noels maridatz?  
 car am vos l' en menetz: rendre lo mi devratz."  
 "bela" so dis Rollan, "En Gui es arestatz.  
 paya lo nos an pres, don ieu soy mot iratz."  
 ean l' enten Floripar, tot lo sauc li 's mudatz:  
 2990 a sos pes s' es palmada sus los marbres listratz.  
 Rollan la redresset, et es si fort pluratz.  
 Can la pieuzela fo de plasmazo levada,  
 ab sa votz que ac clara s' es mot n aut eseridada.  
 "baros, per eel senbor que fetz eel e rozada,  
 2995 s' ieu no cobre En Gui a euy deg eser dada,  
 ieu rendray esta tor aus dema la vesprada.  
 dona santa Maria, regina coronada,  
 ieu ja devia eser d' En Guio maridada  
 e per amor de luy lavada e bateyada.  
 3000 lasa, nostr' amistat a petit de durada.  
 dieus, tenetz nos ensemps, o seray desenada.  
 aras ay ben la fam e la set oblidada."  
 Rollan vic la pieuzela que tant s' es gaymentada.  
 dousamen li a dit "calatz vos, bela nada,  
 3005 qu' ieu vos rendray En Gui ans dema la dinnada."

- can l' enten Floripar, a sos pes s' es baychada.  
Rollan lo neps de Karle l' a va de se levada.  
"Bela" so dis Rollan, "per dieu no us irascatz:  
car si dieu platz lo payre, En Guio cobraratz."  
3010 "senhors" dis Olivier, "vas mi vos entendatz.  
per dol ni per plurar no er ja recobratz.  
tres jorns a no mangem, per qu' ieu soy afamatz,  
ni vos ni las pieuzelas que ns an ayssi gardatz.  
ieu ay preza vitalha, e mangem la, si eus platz."  
3015 "companh" so dis Rollan, "dieus en sia lauzatz.  
aras anem mangar, si vos o autreyatz."  
a la taylas s' asezo, et an les hus barratz,  
e las francas pieuzelas que sezon latz e latz.  
de beure e de mangar es cascus asazatz.  
3020 E l' almiran Balan es als traps retornatz,  
e davant luy fon Gui de Bergonha menatz.  
del dos lh agron ostat lo fort auberc safratz.  
el fo enegrezitz e totz descoloratz:  
car non avia mangatz, ben a iij jorns pasatz.  
3025 l' almiran li demanda aysi co hom iratz:  
"vasal, di mi to nom, e no m sia celatz."  
so respon lo coms Guis "be us n' er dita vertatz.  
hom m' apela En Gui: de Bergonha fu natz,  
e soy cozis Rollan que tan es reduptatz."  
3030 e l' almiran respon "ieu te conoc asatz.  
ja a pus de vij mes e complitz e pasatz  
que lo cor de ma filha es en t' amor pauzatz.  
certas ieu ti promet que tu seras pengatz."  
so respon lo coms Guis "be leu hi pecaratz."  
3035 can l' enten l' almiran, d' ira fo alumnatz.  
us Sarrazi si leva que ac nom Falsabratz,  
e leva lo punh destre, per ferir entensatz,  
e pauzec li tal colp cum si hi fos plantatz.  
lo bar receup lo colp, e si es eversatz.  
3040 can o vie l' almiran, d' ira fo alumnatz.

- en auta votz escrida "est gloto mi liatz."  
 e Sarrazi lo prendo d' enviro per totz latz:  
 de punhs e de bastos li an trops colps donatz.  
 l' almiran los escrida "gardatz no l' aucizatz."  
 3045 so respondo paya "si cum vos comandatz."  
 a 'n Guio de Bergonha an be los mas liatz.  
 L' almiran apelet de sos baros privatz.  
 "baro" dis l' almiran, "quinh coselh ni donatz  
 d' aquest Frances qu' es pres, per qu' ieu soy vergonhatz?"  
 3050 "senher" dis Sortibran, "vos l'auciretz, si eus platz.  
 voletz vos la tor penre ni ls Frances eserratz?"  
 "oc ieu" dis l' almiran, "pus e' ome que sia natz."  
 "senher" dis Sortibran, "coselh vos er donatz.  
 tost e celadamen x melia Turexs armatz.  
 3055 farem los amagar en cels brulhetz ramatz.  
 pueys faretz unas forcas levar en cels fosatz:  
 vezen cels de la tor, est baro pengaratz.  
 car say que Frances so aysi desmezurat  
 qu' els saliran defors, si que vos o veyratz.  
 3060 e sian vostre Ture dins los bruletz ramatz,  
 et aurem los Frances, e seran enforcatz."  
 "per fe" dis l' almiran, "est coselh es senatz.  
 aysi vuellh que sia fayt, pus vos o coselhatz."  
 L' almiran Balaan no si vole pus tarzar.  
 3065 x melia Sarrazis fetz èls bruels enboscar:  
 a Clarion los bayla et al rey Tornafar.  
 pueys a fayt unas forcas sus el valat fermar:  
 a xxx Sarrazis a fayt Guio menar.  
 menavo lo baten, que no l volo palpar:  
 3070 en xx loexs en sa carn li fan lo sanc rayar.  
 una corda li van entorn lo col liar.  
 entro sus a las forcas no l volo estancar.  
 lo coms reclama dieu que li vuelha aydar:  
 "aya merce de m' arma." don comensa plurar.  
 3075 "ric barnatge de Fransa, ar me venetz aydar.

senher cozi Rollan, ja m teniatz tan car:  
si vos mi laychatz pendre, faretz gran mal estar.<sup>22</sup>

- Rollan lo neps de Karle s' es anatz aprosmar  
desobre las fenestras del ric palaytz plenar,  
3080 e regardet jos si aval pres de la mar,  
e vic las forcas dreytas de costa un caslar,  
e los xxx payas enviro arengar.  
ab tan el apelet Olivier e li bar.  
"senhors" so dis Rollan, "be m puese maravilhar:  
3085 car ieu veg unas forcas en eel tertre fermar."  
"senber" so dis due Naymes, "ieu no vey que eclar.  
pengar volo En Gui e sus al ven levar.  
vezetz lo lay tot nut: ja l' an fayt despulhar.  
si tost no lh secorrem, ja l veyretz sus levar."  
3090 ab tan ve us Floripar, que los auzie parlar.  
cau ela vic las forcas, non ac eor de cantar.  
"e que faytz vos?" dis ela: "digatz m' o ses punhar.  
e laycharetz" dis ela "En Guio vos pengar?  
per aycel magne dieu, que tot a a jutgar,  
3095 tot le mon, si el mor, no us poyra restaurar,  
que ieu d' aquesta tor no us fasa totz tombar."  
denan los pes Rollan se pres a genolhar.  
"senher neps Karle mayne, per dieu vos vuellh preyar  
c' anetz al mieu amic secorre et aydar.  
3100 montatz sobre ls cavals, no y fasatz louc estar."  
Rollan s' es escridatz "baro, pesem d' armar,  
et anem a 'n Guio secorre et aydar."

- Adoncx s viratz als comtes lors vertz elmes lasar.  
de la tor davalero, no y volgro pus estar.  
3105 e Floripar lor va lors cavals fors gitar,  
e totas las donzelas la van asolasar.  
caseus pres son caval ses pus de demorar.  
dieus ajude a 'n Gui: car trop poyran estar.  
si tost no li secorro, prop es del deslieurar.  
3110 "Senhors" so dis Rollan, "tuh vuellh que m' entendatz.

- nos non em mas can x de cavayers membratz.  
 per amor dieu vos prec, tuh ensemps vos tengatz,  
 e cascus de ben fayre sia entalantatz,  
 e la us garde l' autre, can serem ajustatz.
- 3115 e si la us cazia, tost en fos relevatz.  
 ni per mort ni per vida negus no defalhatz:  
 car s' aysi non o fam, ja non repayraratz.  
 ieu seray l' estandart: ab me vos reliatz.  
 tan cum le bran mi dur, bon gueren vos auratz:
- 3120 de cal part vos vengatz, al camp me trobaratz."  
 e li baro respondo "si cum vos comandatz.  
 ar sia dieus de gloria nostre bos avocatz."  
 "senhors" dis Floripar, "trop vey que demoratz:  
 qu' En Gui sera pendutz, si gayre li punhatz."
- 3125 en la cambra s' en intra, l' escrinh a desfermat:  
 aportet la corona don dieus fon coronatz.  
 cascus la mes sul cap sus lors elmues gematz.  
 ara son li Frances aychi aseguratz  
 que no temo payas dos deniers monedatz.
- 3130 ab cadenas de fer es lo pont davalatz:  
 belamen s' en anero, e cascus s' es senhatz.  
 denan los bruelhs s' en passo anan per mieg los pratz.  
 Floripar leva 'l pon et a' ls portals fermatz.  
 Paya son a las forcas (mal sian els trobatz),
- 3135 que a 'n Gui de Bergonha los seus huelhs an bendatz,  
 et ac liam al col e' ls mas detras liatz.  
 paya cridan "an sus, e sia tost pengatz."  
 e Rollan vene punhen et a los escridatz.  
 "culverh, laychatz lo leu, que car lo compraratz."
- 3140 Rollan crida "Monjoya! baro, ara lor datz."  
 can payas l' entendero, vec los vos esfredatz,  
 que tot lo pus ardit es en futa tornatz.  
 Rollan punh Valenti dels esperos dauratz,  
 et Olivier apres de gran cors abrivatz,
- 3145 et Augier e li autre, cuy dicus cresca bontatz.

los payas que encontro an mortz e trabueatz,  
e dels xxx que y ero an los xx afolatz.

Li paya si desboscan fors des brulhetz ramatz.  
Tornafer de Baudas vene premiers abrivatz.

3150 en auta votz escrida "Frances, no y duraratz,  
ni 'l pendut l' almiran ab vos non tornaratz.  
venetz li ajudar: ab luy pendutz seratz."  
can Rollan l' entendet, pauc non es forsenatz.  
èl punh tenc Durandart; vas luy s' es abrivatz.

3155 e lo paya lo fier cum vasal abduratz:  
l' escut li a trancat, que fo ab aur obratz.  
mas enaus qu' el paya fos areyre viratz,  
Rollan li donet tal sus son elme gematz  
que l' elme ni la cofa no l' a pas ben gardat:

3260 car el l' a tot fendut entro jos al baudratz.  
Entro sus a las forcas Rollan no s' es restatz:  
a 'n Guio de Bergonha sos huelhs a desbendatz,  
e lo liam trenquet ab que fora pengatz.  
las mas li destaquet, qu' eran fortmen nozatz.

3165 lo caval li menet, que fo del renegat,  
e eridet a 'n Guio "cozi, ara moutatz."  
Rollan dis a 'n Guio "prop de mi cavalgatz  
tant entro que agam armas don siatz armatz."  
"bel senher" dis En Gui, "si cum vos comandatz."

3170 Sarrazi esperonan, e lo critz es levatz.  
lay comensa l' estorn: ja major non veyratz:  
que pes e punhs lay volan e testas per totz latz;  
de sanc e de cervelas es lo camp coloratz;  
manta lansa an fracha e mans escutz trancatz.

3175 Rollan fier un paya que ac nom Falsabratz,  
e donet li tal colp qu' el cap es lay sautatz.  
e Rollan a eridat "cozi, ar vos armatz.  
ve us aychi belas armas: tantost vos adobatz."  
domentre qu' En Gui s' arma, es pels autres gardatz:

3180 de Rollan e dels autres es totz environatz.

- lo coms salh sul caval, can fo aparelhatz,  
 et es de plana terra sus la sela montatz.  
 als comtes escridet "senhors, ara lor datz:  
 car mostraray a Turcx cum lor sui escapatz."<sup>2</sup>
- 3185 ab aquestas paraulas vec les vos reversatz.  
 pres d' una balestada an payas reculatz:  
 trops n' i ac de batntz e mortz e de nafrazt.  
 mas Sarrazi si arman a lotjas et a traps:  
 de xx melia payas es l' asaut refrescat.
- 3190 Mot fo fortz la batalha, e' l chaple mal e fer.  
 Rollan tenc Durandart, lo noble bran d' acier.  
 los baros apelet, cuy dieus gar d' encombrier.  
 "venetz avan, senhor: no y fasatz a longuier.  
 vec vos de Sarrazis pus de xxx milhier.
- 3195 no reculetz, senhor, masensem d' avansier:  
 car sol entro al pon nos puscam vieus alier:  
 pueys no los prezarem lo valen d' un denier."<sup>2</sup>  
 "senhors" so dis En Gui, "lay non a que mangier.  
 si nos estam lains en cel palaytz plenier,
- 3200 de fam nos covenra morir e badalhier.  
 per la fe que ieu dey al baro san Richier,  
 ieu am mays remaner en cest estorn plenier  
 que morir afamatz lasus en cel solier.  
 si dieus en aquest dia me vol a mort lieurier,
- 3205 en bon grat la penray coma bon cavayer."<sup>2</sup>  
 "per fe" dis Olivier, "so fay ben autreyer.  
 mal aga qui als traps no ls ira asagier."<sup>2</sup>  
 adoncx viratz Frances lor asaut refresquier.  
 Floripar venc als murs los comtes remirier,
- 3210 e can conoe En Gui, pres s' en ad alegrier.  
 ab sa votz que ac clara comenset a cridier.  
 "amiexs Gui de Bergonha, ara us volgra baygier:  
 mal aja qui m partra del vostre cors plenier.  
 vos anatz l' almiran mon payre asautier,
- 3215 e s' ieu vieu, per San Peyre, ie' us volray ajudier."<sup>2</sup>

“avetz auzit, senhors?” dis lo Daynes Augier.

“certas per tal donzela se deu hom avansier.

anem los envazir ius è l' estorn plenier.”

adonexs s' en van li comte lor estorn renidier.

3220 aquí pogratz vezer batalha comensier.

la paor de Rollan fay payas esmayer:

ayeli les fay fugir cum alausa esparvier.

lo coms Gui de Bergonha vay brocan son destrier,

e tenc lo bran èl punh, e vay ferir Cartier:

3225 trastot l' a perfendut entro sus al braguier.

“cozi” so dis Rollan, “vos me voletz aydier.

bona ven la donzela als murs esbaneyer:

certas be la deuretz bayzar et abrasier.”

Mot fo grans la batalha, longuamens a durat:

3230 ben ferïro Frances, li comte honorat.

la filla l' almiran a en aut escridat

“baro, de la vitalha no us sia oblidat.”

Olivier la enten, Rollan a apelat.

“certas esta donzela nos a mot ben parlat,

3235 e de nostre pro fayre nos a amonestat.”

“per fe” so dis Rollan, “ben o ay escoutat.”

“Monjoya!” dis “ajuda.” son caval a virat,

e li comte lo sieguo, de ferir entensat.

ab los brans de l' acier se son tuh escrimat,

3240 que payas an per forsa un arpen reculat.

ayehi co ls comtes van, Turc son desbaratat:

tro al trap l' almiran no y ac regna tirat.

al repayar que feyro lor a dieus enviat

xx saumiers de vitalha, que foro tuh cargat

3245 de pa, de vi, de carn, de civada, de blat,

que l' almiran de Cordoas tramet a l' almirat.

mas los Turcx que ls menavan foro tost pesseyat.

volontiers los acuelho li franc comte honrat,

duc Naymes de Baviers e Teris l' onorat;

3250 e Rollan vay detras e tot l' autre barnat.

- tan van de gran rando et an tan espleytat,  
 qu' entro sus a la porta no s son arestancat.  
 lo duc Bazi trobero èl camí eversat:  
 entre lors bratz lo levo, laíns l' an aportat.
- 3255 los saumiers an dedins totz mes a salvetat;  
 pueys an clausa la porta e 'l pon mot gen levat.  
 entro pasatz dos mezes no anran paubretat.  
 no redran mays la tor per negun home nat:  
 enans o sabra Karle, lo bon rey coronat,
- 3260 e lor venra secorrer ab so noble barnat.  
 L' almiran fo als traps, et a fort sospirat.  
 Sortibran apelet, Brullan de Monmirat.  
 "baro" dis l' almiran, "fort nos an encantat.  
 Francxs an la tor garnida de vitalha de blat:
- 3265 e si Karles o sap, mal nos sera astrat.  
 cum ho poyray ieu far? mot soy en gran pesat.  
 et ay perduz trops homes c' a mala fuy ac nat  
 que xj cavayer agan fayt aytal fah."  
 "senher" dis Sortibrat, "mays no n sia parlat.
- 3270 ie' us diray que faretz; conselh vos er donat.  
 sian tuh nostre home ben garnit et arnat,  
 enviro lo castel de combatre rengat.  
 a l' asaut de la tor sian mil corn sonat.  
 e li Frances dedins seran espaventat:
- 3275 els e la tor penretz per viva pozestat."  
 "Sortibran" dis lo rey, "ar vos vey forsenat:  
 car cilh que so dedins no son fol cum los faytz.  
 la flor lay es de Fransa e de crestiandat.  
 conoychetz vos Rollan ab lo cor abdurat,
- 3280 e' l comte Olivier que a tan de fertat,  
 qu' el fort rey Ferabras a conquist e nafrat?  
 cel es c' om mi menet davant ier tot liat.  
 e lo comte Berart, per cny em tan greugat:  
 e Teri l' Ardanes, que a gran cruzeltat;
- 3285 e lo Daynes Augier, e Naymes lo barbat;

- Richart de Normandia qu' es mot de gran fertat,  
que caset l' almiran davant Roma èl prat,  
e m nafret sus ma testa de son bran aceyrat;  
e' l com Gui de Bergonha que conquis Falsabrat.  
3290 encara n' i a d' autres que ges no so nomnat.  
Frances no son pas gens, ans son diable nat.  
lasus non a mas xj: la un n' an mort portat.  
Rollan le nebot Karle a son cor tan montat  
que no dupta payas un denier monedat,  
3295 ni no dupta colp d' armas: tant es de gran fertat.  
soen ve asalir nos e nostre barnat.  
vivo d' aquo del nostre e no no n sabo grat.  
si els ero tals cen en cel palaytz listrat,  
fugir nos covenra per forsa del regnat.  
3300 lor dien velha per lor; be lor es destinat:  
mas nostre Bafomet ar tenc per dieu malvat.  
"Brullan" dis l' almirat, "ar avetz trop parlat."  
un baston a sayzit, ja li a gran colp donat.  
mas lo rey Sortibran lo y a del punh ostat.  
3305 "Senher" dis Sortibran, "cambiatz vostra razon.  
faytz tost sonar los grayles, e la tor asalhom."  
e l' almiran respon "ieu l' autrey per Bafom."  
donexs anziratz bozinas e mau corn de lato,  
e vengro Sarrazi aychi per gran foyzo  
3310 qu' els pratz ne son cubertz miega legua entorn.  
l' almiran fetz venir l' enginhayre Mahon:  
cel a faytz tals engienhs, anc millhors non vic hom.  
perdesotz la tor fetz de cledas un gran pon.  
donexs auziratz gran bruda entorn et enviro.  
3315 Sarrazi asautero la tor a gran rando:  
tot an conquist lo barri tro a l' ausor dromo.  
e li Frane si defendo a guiza de leo:  
lansan peyras e fustz sus la gen de Maho.  
las donzelas no fino de lansar li cayro,  
3320 e no y a Sarrazi de tan fera fayso

- que si l' una donzela l' acossiec de rando,  
 que no l' trabuque mort pus vil d' un gallino.  
 Floripar la corteza a cridat a 'n Guion.  
 "amicxs, ara m baysatz, enans que nos murom."
- 3325 "volontiers" dis lo comte, "dona, pus vos sap bo."  
 totz armatz la bayzet, vezen totz li baro:  
 mot en mena gran joya Rollan lo neps Karlo.  
 Mot fo sobriers l' asaut, que be n pot hom parlar.  
 l' enginhayre a fayt l' engienh aparellhar:
- 3330 adoncx viratz l' estorn del tot renovar.  
 "almiran" dis Mahon, "faytz l' asaut restaucar,  
 qu' ieu vos rendray la tor ans dema al vesprar.  
 e xx melia payas mi faytz aparellhar,  
 e sian ben armatz e leus per batalhar."
- 3335 e l' almiran respon "fasam los donex triar."  
 e n aychi co fon dit, o pesseron de far.  
 Sortibran de Coimbres los vay devant guizar.  
 l' enginhayre los guida (dieus le vuellha desfar),  
 et a fayt a cascu un pic d' acier portar.
- 3340 pueys a fayt l' enginhayre foc Grazese aportar:  
 los murs n' a faytz cumpenre enviro e cremar,  
 si que de l' ausor tor flamegan li pilar.  
 can Frances o an vist, mot lor poc enugar;  
 et an dit l' us a l' autre "sains fa mal estar.
- 3345 rendre nos covenra; ja no poyrem durar."  
 "senhors" dis Floripar, "no us cal espaventar:  
 car ieu faray ades tot lo foc amortar."  
 del lag de la camela si fay tantost portar:  
 ab sal et ab vinagre o a fayt destemprar,
- 3350 e lansa o sul foc si que l fan amortar:  
 de mantenent fo mortz, que no poc pus mal far.  
 "senber" dis Sortibran, "almiran, riche bar,  
 ayso fay vostra filha Floripar ses duptar."  
 "vers dizetz, Sortibran; be m vol deseretar:
- 3355 mas encars la faray trastota desmembrar."

- “senher” dis Sortibran, “fasam los corns sonar,  
e comandat l' asaut del tot renovar:  
car ieu say qu' els Frances non o poyran durar.”  
l' almiran li respon “aco volrem nos far.”
- 3360 donexs auziratz bozinas e corns d' argen sonar  
e Turex e Sarrazis e glatir et lutar.  
e Frances los an vistz, be lor pot enugar:  
e dis la us a l' autre “ja no y poyrem durar:  
tost veyretz cesta tor del tot escribantar.”
- 3365 “baro” dis Floripar, “no us cal espaventar:  
que la tor es be fortz, e no us en cal duptar.  
sains a fayt mon payre son trezaur ajustar.  
entro a xv dias pot be l' asaut durar:  
no faliran las platas del fin aur per lansar.”
- 3370 cascus ne met è fauda [aytan] can ne pot aportar:  
aychi coma de peyras las prendo a lansar.  
“dona” se dis Rollan, “mot fazetz ad amar.”  
lo coms Guis de Bergonha la correc abraçar.  
e can viro payas lo gran trezaur versar,
- 3375 entr' els viratz tal guerra bastir e comensar!  
tal recuellh lo marc d' aur que no l' en pot portar.  
can o vic l' almiran, en aut pres a cridar  
“baro franc cavayer, laychiatz l' asaut estar.  
ieu perdi mon trezaur que tant ay fayt gardar.
- 3380 mal o fay Bafomet, car le m laycha gastar.”  
l' almiran s' en repayra,orrosos per son aur.  
l' asaut a fayt romandre, et anet al sopar.  
L' almiran Balaan s' en anet al sopar,  
e Frances son lasus èl palaytz ses duptar.
- 3385 de beure e de mangar si saben ajudar,  
et an belas douzelas ab que podon jogar.  
Rollan le nebot Karle s' es anatz aprosmar  
sus aut a la fenestra per son cors auregar,  
e conoc dels payas que penso de sopar.
- 3390 los comtes apelet, que dieus capdel e gar.

- "senhirs" so dis Rollan, "mot nos deu enugar  
 que l' almiran Balan si meta al sopar.  
 so sera gran barnatge qui lo lh fara laychar."  
 "donexs" so dizo li comte, "pensem tost de l' armar."  
 3395 ab tan prendo lors armas li baro que dieus gar;  
 èls cavals so montatz ses pus de demorar,  
 belamen s' en anero ses brayre, ses cridar.  
 "Espulart de Nubia" dis l' almiran lo bar,  
 "Frances cre que faran nostre sopar torbar.  
 3400 vegayre m' es que vengan. corretz vos tost armar."  
 "senher" dis Espulart, "be fay ad autreyar."  
 sos homes apelet iij melia ses duptar.  
 Espulart tenc un dart don seb aydar.  
 Rollan lo nep de Karle vay premier encontrar.  
 3405 tal colp li vay donar (ja no us o quier celar)  
 que l' escut li tranquet e l' aubere vay falsar.  
 pero dieus lo gardet, qu' en carn no l poe tocar.  
 e can Rollan o vic, el cuydet desenar,  
 e feric lo paya, no l volc estalbiar.  
 3410 amont per mieg son elme li vay tal colp donar  
 qu' el caval de desotz li fetz aginolhar  
 si qu' a terra l' abat e l pensa de levar.  
 mas lo paya fon pros, e vay en pes sautar,  
 et a trayta s' espaza: Rollan cuyda matar.  
 3415 mas Rollan lo vay penre denant per lo golar.  
 los autres cavayers li vengro ajudar:  
 denan sus en l' arso lo van sus relevar.  
 areyre s' en retornan, no y volo pus estar.  
 can o vic l' almiran, el cuyda forsenar.  
 3420 "punhetz avant, baro; no ls ne laychem anar:  
 car si n menan mo nep, may no poyray durar."  
 adoncx viratz payas apres Frances anar.  
 mas li baro de Fransa lor son a l' encontrar:  
 pus de ecc n' an mortz, cuy que deya pezar.  
 3425 saviemens cavalgan, prendo s' en ad anar:

- entro sus a la porta no finan de brocar.  
Floripar la corteza lor va' l pont avalar.  
Rollan lo nep de Karle s' en vay premier intrar,  
e tenc fort lo paya que sol no s pot crollar.
- 3430 tuh montan en la sala ses pus de demorar.  
e las donas tanquero, e van le pont levar.  
Ar son nostre baro sus èl palays montat.  
Espulart de Nubia en an ab lor menat.  
Rollan a Floripar a tantost demandat.
- 3435 "dona, don es aquest, ni de cal parentat?"  
"senher" dis Floripar, "vos n' auziretz vertat.  
el es alhs de ma tia e neps de l' almirat,  
et es mot gran rixs hom, d' aver a gran plantat.  
si voletz a mon payre fayre lo cor irat,
- 3440 sian a cest paya tuh li membre trencat."  
"per mon cap" so dis Naymes, "ja no sera pensat.  
enans lo gardarem vieu e sa per mon grat:  
car si negus dels nostres avia l' almirat,  
per aquest lo redria lige et aquitat."
- 3445 et Olivier respon "vos dizetz veritat."  
can venc apres mangar et agron gen sopar,  
la us parlet de sen e l' autre de foldat.  
"senhors" so dis Teri, "mot ay lo cor irat,  
can nos en esta tor em ayehi asetgat,
- 3450 car no mandam a Karle, lo bon rey coronat,  
que nos vengua secorrer ab son riche barnat."  
dis lo Daynes Augier "mot avetz ben parlat.  
mas qui volra anar a Karle lo lauzat?"  
"ieu iray" dis Rollan: "car vengut m' es en grat.
- 3455 lo mati anaray, can sera esclayrat."  
"senher" so dis duc Nayme, "ja no us er autreyat.  
si payas o sabian ni Balan l' almirat,  
ja pueys no seriam temut ni reduptat.  
tan can vos etz ab nos, em tuh assegurat."
- 3460 so dis Guiot l' Escot "ieu lay iray de grat."

- "mas ieu" so dis Berart, "la' naray de bon grat."  
 dis En Gui de Bergonha "donatz m' en comiat."  
 "certas" dis Floripar, "ja no sera pensat;  
 ans romandretz ab mi en esta fermetat."  
 3465 dis Ricart le Norman "tot o ay escotat.  
 vos sabetz ben, senhor, qu' ieu ay trop jorn passat.  
 un filh ay de ma femna, savi, de gran bontat:  
 e s' ieu fau lo mesatge et ay lo cap talhat,  
 el poyra governar apres me l' eretat."  
 3470 e Naymes respondet "lo lh sia autreyat."  
 e Richar li n sopleya, que fort li ve de grat.  
 "senher" so dis Rollau, "pus vos es autreyat,  
 ieu vuelh que per vos sia e pleuit e jurat  
 que vos no us tarzaretz per neu ni per aurat;  
 3475 ni lunha nueyt que venga no us trobe despulhat,  
 si vostre cors non era malautes o nafrat,  
 o si non iratz pres." "aychi o vay jurar.  
 senhors" so dis Richart, "ie' us o promet de grat."  
 can ayso ac pleuit, asatz lay ac plurat.  
 3480 "senhors" so dis due Naymes, "entre vos esgarat  
 cum passara Richart mielhs per l' ost a celat,  
 que per payas no sia ni vist ni azesmat."  
 "per fe" so dis Richart, "ie' us diray mon pensat.  
 lo matinet sus l' alba, can sera adiat,  
 3485 nos salirem defors suls destriers sojornatz,  
 e vos autres trastuh venretz feren armatz.  
 can entendran a vos tuh li desbateyat,  
 ieu iray d' outra part; que be say lo regnat.  
 si dieus mi vol conduyre, lo rey de majestat,  
 3490 ieu anaray a Karle, l' emperador prezat,  
 et a tot son barnatge per dire mon pensat."  
 can Frances l' entendero, ploran de pietat.  
 Lo mati sus en l' alba, can parec la crartzat,  
 van ferir nostre comte sus Sarrazis armatz.  
 3495 mas l' almira si fo en ribieyra anatz,

- e menet Sortibran e d' autres sos privatz.  
 e mentre a la cassa ero afazendatz,  
 e li comte desrenguo aval per mieg los pratz.  
 a las albergas corro: ve us payas eseridatz.
- 3500 è mot petita dora lor n' au ece tuatz.  
 e can Richart los vic ab los payas meselatz,  
 part si de lor pluran et es encaminatz.  
 per mieg los traps de l' ost s'en es mot tost passatz.  
 ar lo condua diens, qu' es vera trinitatz.
- 3505 e Frances s' en repayro eutro sus als valatz;  
 per fors' an Sarrazis areyre reculatz.  
 intran s' en en la tor, e le pont es levatz.  
 pueys van a las fenestras dels palaytz dentelbatz;  
 viro le duc Richart c' a totz los Turexs pasatz.
- 3510 Ara s' en vay le duc, a dieu s' es comandatz.  
 "glorios senhe payre, que de vergis fu natz,  
 guerentetz huey mon cors, que no sia 'ncombratz,  
 si qu' el secors amene als pros comtes membratz."  
 doncx a senhat son cap, a terra s' es clinatz.
- 3515 le jorn es esclaritz, el solelh es levatz:  
 • be l' en podo vezer anar li no fezatz.  
 premiers l' a perceubut Brullan de Monmiratz.  
 a Clarion lo rey s' en es ades anatz,  
 qu' es neps de l' almiran e de sa seror natz.
- 3520 "per Bafomet, bel senher," dis Brullan lo senatz,  
 "ieu veh un mesatgier que s' es de l' ost emblatz.  
 ad estros s' en ira, si non es arestatz;  
 e si pot, er a Karle sos mesatges cumtatz."  
 can lo rey l' entendet, d' ira es alumnatz.
- 3525 en auta votz eserida "mas armas mi portatz."  
 en apres las li portan, et es si tost armatz.  
 son caval lh amenero, et el es sus montatz.  
 mot fo bels le caval, e non fo milhors natz:  
 ben corrira xx leguas enans que sia lasatz.
- 3530 lo paya a sayzit l' escut que fo dauratz,

- pueys a preza s' espaza; ab tan s' en es anatz.  
 en apres lo seguïro payas per miég los pratz:  
 apres lo duc Richart vec los vos arotatz.  
 dieus ajut a Richart per las suas bontatz:
- 3535 car mot er pres de mort ans sol sia colcatz.  
 Ara s' en vay Richart, lo francs coms, totz iratz.  
 ad un tertre montan li venc mot gran mescaps:  
 son bon caval li es desotz si enclínatz.  
 can le duc o a vist, mot en fo corrossatz.
- 3540 "dieus santa trinitatz," dis le duc, "car m' aydatz,  
 que ieu ane a Karle, a cuy son eviatz,  
 si que cels de la tor en sian deslieuratz."  
 ab tan si regiret, vic payas desrengatz,  
 pus de xiiij melia, lors gonfaynos levatz.
- 3545 lo neps de l' almiran s' en es aprimayratz  
 sus son destrier d' Arabia, que anc no fo lasatz.  
 dieus ajut a Richart per las suas bontatz:  
 car mot er durament per payas guerreyatz.  
 Richart de Normandia es èl tertre montatz.
- 3550 Clarion l' encauset, mot ricament armatz:  
 causas portet de ferre et esperos dauratz,  
 et de tot l' autr' arnes no li falie un datz.  
 et sec sus son caval, no fo sos pars trobatz.  
 lo caval esperona per abdos les costatz:
- 3555 el caval saut avant xxx pes mezuratz.  
 can fo pres de Richart, si s' es n aut escriclatz.  
 "per Bafom, mesatgier, a mort seretz lieuratz.  
 anatz vos secors querre? per fe no y anaratz."  
 can Richart l' entendet, tot le sanc li 's mudatz,
- 3560 e dis al Sarrazi "vasal, que m demandatz?  
 ieu no t' ay negun tort ni tos deniers panatz.  
 ieu ti prec per amor, no sia destrigatz:  
 car s' ieu retorn ab Karle, bon gazarado n' auratz."  
 lo paya respondet "de folia parlatz:
- 3565 no t' en laychari' anar per l' aur de x cientatz."

- can Richart l' entendet, envas luy s' es viratz,  
et Clarion si vene, totz d' ira alumnatz.  
fier Richart sus l' escut, qu' es totz d' aur pinturatz,  
que tot lo lh' a fendut, e l' aubere n' es falsatz.  
3570 sa lansa li conduy entro sus als costatz.  
mas dieus lo guarentie que anc no fo nafrazz.  
si qu' el due es un pauc en carn entamenatz.  
mot si tenc be Richart, que sol no s' es crollatz.  
ab tan el mes sa ma al bran que fo letratz,  
3575 e ferie lo paya sus en l' elme gematz.  
mas no l' entamenet: de guiza fo tempratz.  
e can Richart o vic, pauc no n' es forsenatz.  
autre cop li donet, totz d' ira alumnatz.  
en travers le ferie al col dejos lo cap,  
3580 que pus de miega cana en es lo cap volatz.  
Richart enpeys le cors, a terra 's trabucatz.  
pueys sayzie son caval, et es desus montatz:  
ja per xx leguas correr no seria lasatz.  
lo sieu caval alargua, dona li comiatz.  
3585 "bausa," so dis Richart, "mot soy per vos iratz.  
dieus t' amen en tal loc, que fo de vergis natz,  
qu' encaras t' aretenho nostres comtes honratz."  
ab tan s' en vay le ducx, no s' es pus estancatz.  
e Sarrazi l' encausan corren totz abrivatx,  
3590 e troban Clarion qu' es mortz et escapsatz.  
no y ac Turc ni paya, uo n fos espaventatz.  
aquí fo Clarion pels sieus planhs e pluratz.  
e lo caval Richart es areyre tornatz:  
mas per hom no poc eser ni pres ni arestatz,  
3595 ans regeta dels pes enviro per totz latz.  
v cavals lor a mortz e xiiij nafrazz.  
vas la tor d' Agremonia s' en va totz abrivatx.  
Ar cavalgua Richart coma bon cavayer;  
lo bran tenc al punh destre, e ponh son bon destrier.  
3600 e Sarrazi l' encausan, li culvert lauzengier:

- anc entre totz cans ero no y pogron apezer.  
 areyre s' en retorno contr' aval lo gravier.  
 lo caval de Richart s' en va ses demorier.  
 mas l' almiran Balan le cauzic tot premier.
- 3605 Sortibran apelet, so major conselhier.  
 "per mon dieu Baratro, mot ay Clarion chier.  
 el a mort lo mesatge: ve us aquí son destrier.  
 anatz, si lo prendetz ses pus de demorier."  
 can Sarrazis l' entendo, si s' en van ajustier,
- 3610 e volo lo caval penre et arestier.  
 lo caval leva ls pes, e fug per lo gravier:  
 d' aquí entro al pont no fina de l' alier.  
 e can fo a la porta, si s pren ad evelhier.  
 Frances foro lasus sus èl palays plénier,
- 3615 e viro lo caval de Richart mesatgier,  
 que Sarrazi encauso, li culvert aversier.  
 e dichendero bas contr' aval l' escalier.  
 ab cadenas de fer van lo pont avalier,  
 e lo caval intret, anc no s' en fetz preyer.
- 3620 ab tan van li baro sus le pont relevier.  
 enviro lo caval s' anero ajustier.  
 mot ne meno gran dol de Richart mesatgier.  
 "Richart de Normandia" dis Naymes de Bavier,  
 "jamays per vos secors no nos cal esperier.
- 3625 senher, a la vostr' arma vuelha dieus perdonier."  
 adonexs viratz plurar Rollan et Olivier  
 e los autres baros per lo gran destorbier.  
 Floripar la corteza los pres a conortier.  
 "senhors, laychatz le dol" dis Floripar "estier:  
 3630 que no sabetz del duc ni mal ni be comtier."  
 e domentre que meno lor dol pel mesatgier,  
 els an vists Sarrazis venir e repayrier.  
 Clarion aportero sus un escut d' ormier.  
 can l' almiran o vic, gran dol pres a menier,
- 3635 et es vengutz avan: si lor vay demandier.

- “baros, a Clarion aucit lo mesatgier?”  
respondo Sarrazi “pus avem d’ encombrier.  
vostre neps es tuatz, Clarion le leugier.”  
can o au l’ almiran, cuyda enrabier.
- 3640 iij vetz s’ esplasmè desotz un olivier.  
mot aut s’ es eseridatz, can vene al redresier.  
“ay bels neps Clarion, pros e bon cavayer,  
Bafomet et Apoli, que ns a totz a jutgier,  
aià merce de vos: car be us fara mestier.”
- 3645 Sarrazi e paya demeno gran dolor;  
per la mort Clarion se pluro li pluzor.  
lo dol an entendut li baro de la tor.  
Floripar apelet Rollans le ponhedor.  
“dona” so dis le duc, “auzetz quinha dolor
- 3650 menan d’ aquest paya c’ an perdut entre lor.  
sabetz vos cals hom era ni de quinh parentor?”  
“senher” dis Floripar, “mot nos ereys gran honor.  
so era Clarion rey d’ Espanha la flor,  
que le duc a tuat ab son bran de color,
- 3655 emenan son caval qu’ es del mon lo milhor.”  
Richart s’ en va totz sas, le noble e lo bar,  
emenan lo caval qu’ el mon non a son par.  
l’ almiran fo als traps corrosos de plurar.  
son drogamon apela, que sol sos breus portar.
- 3660 “monta sul dromodari, e pensa de l’ anar.  
diguas mi a Guolafre, no lh’ o vuelhas celar,  
per que laychet say d’ outra los mesatgiers pasar,  
que ma tor m’ an sayzida et toute Floripar.  
per Bafomet mon dieu, mala auzet pensar,
- 3665 qu’ ieu li faray sos huelhs de la testa volar.”  
“senher” so dis Orages, “be lh’ o sabray cumtar.  
may no vuelh dromadari menar ni cavalgar,  
qu’ ieu un jorn ne volria xiiij trespassar.”  
“vay donexs” dis l’ almiran: “Bafom ti puese’ aydar.”
- 3670 Ara s’ en vay Orages ses pus de demorar.

- pro n' agra fayt ayzel: si s' en pres ad anar.  
 Richart acosseguet a la roqua Golmar,  
 et escri-det Richart "no us ne podetz anar."  
 al port s' en passa d' outra, no y auza pus parlar.
- 3675 entro sus a Martiple no y s vole aremenar.  
 tant a cercat Golafre entro l' a atrobat.  
 Orages fo a Martiple, vene al major dromo.  
 aqui trobet Golafre, e dis li sa razo.  
 "l' almiran ti comanda ab lo florit grinho,  
 3680 per que laychiest pasar mesatgiers de Karlo,  
 que sa tor an sayzida e son trezaur ambo,  
 e Floripar sa filha ab la genta fayso.  
 e ve un mesatgier a coyta d' espero.  
 partitz s' es de la tor belament a layro.
- 3685 Clarion a tuat, lo noble e lo bo,  
 emenan son caval: el mon non a tan bo.  
 dolens n' es l' almiran, e n' a son eor felo,  
 e manda ti per mi e jura Baratro:  
 si lo n laychas pasar ni anar a Karlo,  
 3690 tu non auras de mort neguna guerizo."  
 can Golafre l' enteu, si sayzie un basto:  
 pauc no feric Orage per mieg de son grinho.  
 et en apres cornet un gran corn de lato.  
 paya corro ad armas, cascus per contenso.
- 3695 Per totas las carrieyras son li simbol sonat.  
 irnelamen e tost son paya adobat,  
 e foro xv melia que salho de cieutat.  
 can els foro garnih, al pont s' en son anat.  
 ab tan vee vos punhen Richart tot abrivat,  
 3700 et a vistz Sarrazis, don son cuberh li prat.  
 duramens s' esmayet, et a dieu reclamat.  
 "glorios senher payre e rey de majestat,  
 si m met entre payas, auray lo cap tallat:  
 e si per l' aygua passi, be say de veritat  
 3705 qu' anegar m' avenra, e sera gran foldat:

- e si de say romane, ad anta m' er tornat.  
pero totas vetz dey gardar ma liautat  
vas lo comte Rollan, si cum lh' ay afizat.  
senher payre de gloria, per ta gran poestat  
3710 en tas mas mi comandi; aias ne pietat:  
qu' en l' aygua intraray, si dieus m' o a astrat.<sup>22</sup>
- Donc cavalguet Richart, lo fre abandonat,  
e portet en sa ma un fort espieut cayrat.  
e Sarrazi l' encauso, li culvert desfezat,  
3715 al premier cap denaut un neps de l' almirat:  
e fo mot ben armatz sus un negr' estelat.  
ab sa votz que ac clara a Richart escridat.  
"per Bafom, mesatgier, vos avetz trop anat:  
la mort de Clarion vos er gazardonat."<sup>23</sup>
- 3720 can Richart l' entendet, no li vene pas en grat.  
vay ferir lo paya, e a l' ben avizat.  
de son espieut trencan si li a tal donat,  
l' escut li passet d' outra e l' aubere lh' a falsat.  
per mieg lo gros del cor li mes l' espieut cayrat.  
3725 el l' espenh per vertut, et a l' mort trabucat.  
e sayzie lo destrier per lo fre qu' es daurat.  
e payas esperonan, et an lo crit levat.  
e Richart esperona, que a mot ben justat,  
vas l' aygua de Flagot, son fre abandonat.
- 3730 e vic l' aygua preonda, et a dieu reclamat.  
"senher payre de gloria, aiatz mi pietat,  
e siatz en ajuda ad est desconselhat."<sup>24</sup>
- Richart regarda l' aygua, que fe mot a duptar,  
e fo grans e preonda, que no y auza intrar:  
3735 e la riba fon auta be e pes ses gabar.  
Richart de Normandia si pres a gaymentar.  
estreytament de cor va Jesus reclamar.  
"glorios senher payre, qu' en crotz ti fist levar.  
guarentetz huey mon cors d' aunir e d' afolar,  
3740 si qu' ieu puesca a Karle mo mesatge cumtar."<sup>25</sup>

- Ara podetz auzir, si m voletz escoutar:  
tan bela maravilha li vole dieus demostrar  
per lo bon rey de Fransa que el vole tant amar.  
ans un trag de balesta pogues lunhs hom anar,  
3745 pogratz vezer Flagot sus la riba montar.  
ab tan ve us un cer blanc que dieus lay fetz anar,  
e fo blanc coma neu e bels per esgardar.  
denant le duc Richart va en l' aygua intrar.  
le duc vie los payas apres el desrengar:  
3750 si ac paor de mort, no us o cal demandar.  
apres la blanca bestia laycha 'l destrier anar.  
e lo cer vay denan, que l saup mot ben guizar:  
de l' outra part de l' aygua l' a fayt ben aribar,  
e dieus a fayt Flagot en son estat tornar.  
3755 ab tan vec vos payas, et an lo n vist anar.  
tan duptero tuh l' aygua que no y auzo intrar.  
areyre s' en repayro; si n van lo rey portar.  
be viratz a payas gran dolor demenar.  
a Golafre portier o an anat comtar.  
3760 irnelamen e tost van le pont avalar.  
"baro" so dis Golafre, "pensatz d' esperonar;  
guardatz be qu' el mesatge no us puesca escapar."  
adonex viratz payas e venir et anar.  
Richart fo dichendutz per son caval cinglar.  
3765 irnelament remonta, no ls vole pas esperar.  
e payas l' encausero ses pus de demorar.  
per aychi grau vertut la terra fan tremblar,  
si que des fers dels pes fan lo foc sus volar.  
mas can vezo paya no y podo apezar,  
3770 a Martiple s' en torno e van si dezarmar.  
Ar cavalgua Richartz bautz et asegurat; z  
de vezer l' ost de Karle es mot atalantatz.  
mas enans qu' el lay sia, er Karles mot iratz:  
mas ges el non o fora, si saubes las vertatz.  
3775 l' emperayre demanda Aloris et Aldratz,

- Gaynelo e Macari ab los grinbos barbatz,  
 e Jaufre d' Autafuelha e d' autres sos privatz.  
 "baro" dis l' emperayre, "quinh conselh mi donatz?  
 perduz ay mos baros, per cuy soy mot iratz,  
 3780 e n soy envelhezitz e mos pretz abaychatz.  
 ieu vos ren la corona de que soy coronatz;  
 jamay jorn de ma vida no tenrey heretatz."  
 can Frances l' entendero, mot so espaventatz.  
 mas Gaynes n' ac gran joya, qui qu' en sia iratz.  
 3785 e vay apelar Karle, le n fo enrazonatz.  
 "senher rey emperayre, entendetz mi, si ens platz.  
 faytz culhir vostras tendas e las lotgas e ls traps.  
 als muls et als saumiers sia l' arnes trosatz.  
 al matinet sus l' alba al retorn vos metatz:  
 3790 car mot es vos barnatge treballhatz e casatz.  
 trop es fort Agremonia: ja no la conqueratz.  
 e l' almiran Balan es mot de grans fertatz.  
 per tota l' encontrada a sos baros maudatz.  
 mot es per Feraeras dolens e corrosatz,  
 3795 car a laychat Bafom, ni car s' es bateyatz.  
 tub son mortz li baro que vos lor enviatz.  
 tornem nos en è Fransa, si mon conselh justatz.  
 los efans que lay so joves de pauc etatz,  
 seran encaras grans ans de xx ans pasatz:  
 3800 e pueychas vas Espanha al retorn vos metatz,  
 e conquerrem las terras per vivas potestatz."  
 can Karles l' entendet, a terra s' es clinatz.  
 no pogra sonar mot qui lh des xv regnatz:  
 tant era l' emperayre corrosos et iratz.  
 3805 l' aygua li chay dels huels fil e fil per lo natz.  
 e dis ab si mezeys "caytieu malahuratz,  
 s' ieu retorn è ma terra, be faray grans viltatz,  
 e dira tot le mon Karles es arossatz.  
 enquers am mays morir que vieure adontatz."  
 3810 L' emperayre de Fransa a cridat autamen.

- "baro, avetz auzit lo bon conselhamen  
 que Gaynes m' a donat (et ieu no say comen),  
 que ieu m' en torn areyre ses penre venjamen  
 de mos gentils baros, on ma corona pen."<sup>2</sup>
- 3815 Macharis si levet, cuy dicus do marrimen,  
 et Andrieus et Aloris e dels autres be cen.  
 trastuh dizon a Karle "senher, tornem nos en.  
 Gaynes a mot ben dih e parlat saviamen.  
 'del retornar areyre pensem ardidamen.
- 3820 dels milhors de ta cort o an jurat be cen,  
 que no iran avan per lunh home viven.  
 pus que Rollans es mortz, els no n' an pus gueren."<sup>3</sup>  
 "ay senher dieus" dis Karles, "payre omnipoten,  
 qui m don aytal conselh, el no m' ama nien."<sup>4</sup>
- 3825 so dis Raynier de Gennes "emperayre valen,  
 si tu crezes Aloris ni son conselhamen,  
 enquers ira per lor Fransa tot' a nien."<sup>5</sup>  
 Aloris pass' avan, can la paraula enten.  
 "per dieu" dis el, "Raynier, mot parlatz folamen,
- 3830 e d' ayso que dizetz cum brico vos desmen.  
 e si no fos pel rey, car aychi es prezen,  
 vos foratz ben batutz per lo cors San Vïsen.  
 be sabem que vos etz fort vengutz de nien.  
 anc Gari vostre payre no tenc terra d' arpen:
- 3835 tostems fo raubadors, e visquet avolmen."<sup>6</sup>  
 can Raynier l' entendet, ples fo de mal talen,  
 et es sautatz avan; per los cabels lo pren,  
 e feric lo del punh tal qu' en terra l' esten.  
 "vay, glot" so dis Raynier: "dieu ti do marrimen;
- 3840 que Guaris fo pros hom e valc de tos pars cen."<sup>7</sup>  
 can Andrieus aquo vic, a pauc d' ira no fen.  
 Autafuelha escrida, e vengro siey paren.  
 si dami-dieu no n pensa, tot ira malamen.
- Mot foro grans las prieychas d' ambas las parentatz.
- 3845 li paren Gaynelo so de mot gran fertat:

- car li pus dels Frances son devas lor tornat.  
ja foran a l' estorn abduy li parentat,  
si no fos l' emperayre que a son cap jurat  
que "no n' i a negun de tan gra pozestat  
3840 que fasa aquí bregua, de tot aquest barnat,  
qu' ieu no ls fasa tost pendre coma layro provat."  
per lo sacrament Karle son tuh espaventat:  
pueys no y ac caval trayt ni garniment tirat.  
dedins son trap de pali s' en es Karles intrat.  
3855 li paren Gaynelo son denant luy mandat.  
Raynier devian tuar, can fora avesprat.  
Karles levet en pes, a Frances a sonat,  
el duc Raynier de Gennes, Aloris et Aldrat,  
e totz los cavayers de tot lor parentat.  
3860 "senhors" dis l' emperayre, "trop m' avetz vergonhat,  
que denan mi vos etz combatuh e meselat.  
mas per l' arma mon payre, si non es emendat,  
ieu faray tal justezia cum sera devizat.  
Alori" dis lo rey, "ieu vuellh que m' entendatz.  
3865 desfibla us vos mantel, e no sia pasat,  
e faytz dreyt a Raynier tot a sa voluntat."  
"senher" so dis En Gaynes, "pus a vos ve de grat,  
vostre comandamen no n' er pas trastornat."  
Aloris s' aginolha, son cap a enclinat;  
3870 al duc Raynier de Gennes a son gatge tornat.  
si no fos per lo rey, Raynier no vengr' en grat:  
mas per tenor de Karle fe semblan d' amistat.  
en apres l' emperayre a conselh demandat.  
"baro, s' ieu torn areyre, so sera gran viltat."  
3875 dis Jaufre d' Autafuelha "emperayre onrat,  
ieu e Gaynes mo filh vos avem mot amat.  
tuh anem en conselh, e nos em acordat  
e' ades nos en tornem, si a vo ve a grat:  
car mot em duramens trebalhatz e penat."  
3880 can Karles l' entendet, plura de pietat.

tant an li traydor lo bon rey encantat,  
 que del tornar areyre se son tuh acordat.  
 per totas las alberguas son li grayle sonat.  
 donex culiron los traps e an l' arnes trossat:  
 3885 li un n' agron gran joya, e l' autre son irat.

Per lo conselhamen Gaynes lo lauzengier  
 a faytz Karles sos traps e son arnes carguier.  
 adonex viratz menar gran dol al duc Raynier.  
 soven a remembrat Rollan et Olivier.  
 3890 "certas" dis l' emperayre, "ar volgra 'nrabier.  
 ar m' en retorn areyre: may no ls poyray vengier.  
 hueymays poyra hom dire reerezut pautonier.  
 ay senher neps Rollan, e can gran encombrier  
 aura tostemps vostr' oncle, que tan vos tenia ehier.  
 3895 ja dami-dieu non plassa, qu' el mon a a jutgar,  
 qu' ieu porte may corona ni viva mes entier."  
 donex s' espalma lo rey sus lo col del destrier.  
 ja fora el cazutz, si no fos duc Raynier.

Els vals sotz Morimonda fo mot grans la dolor.  
 3900 lay pluran per Rollan li princip e lh comtor.  
 mas sobre totz los autres fay Karles dol e plor.  
 "aylas" dis el, "cal perda ay fait per ma folor.  
 bel neps, ieu vos ay mor per malvaza error."  
 adonex viratz plurar man gentil ponhedor.

3905 mas Gaynes et Aloris e lor parenh traytor  
 sonan corns e bozinas, e so s mes al retor.  
 Karles se regiret devas lo pueg ausor,  
 e vic venir Richart lo noble ponhedor.  
 e tenia tot nut lo sieu bran de color.

3910 ja dira tals novelas don riran li pluzor,  
 mas irah ne seran li culvert trahidor.

Ara s' en vay la ost per un gran deruben,  
 e Karles regardet èdevas Orien.

Richart de Normandia vic venir fort punhen.  
 3915 fetz restancar la ost, que non ane avan.

- “lay vey un cavayer que ve esperonan.  
ay dieus, e cum cavalgua son bon caval corran!  
nu ne mena en destre per lo mieu esian.  
al cavalgar mi sembla don Richart le Norman.  
3920 dieus m’ envie noelas de mo nebot Rollan  
e dels autres baros, qu’ enqueras sian vivan.”  
per l’ ost son estancat, can auzo l’ auriflan.  
ab tan vec vos Richart que ac lo cor valban.  
denant l’ emperador dichen de l’ alferan.  
3925 lo rey lo salutet, e vay li demandan.  
“digatz per amor dieu, c’ avetz fayt de Rollan  
ni dels autres baros? ni on son remanan?  
si els son enquers sa, deslieure, ni valban.”  
“senher, oc” dis Richart; “ja no y anetz duptan.  
3930 en Agremonia so en una tor mot gran,  
e teno ls asetgat ecc melia payan.  
lo payre Ferabras, e’ om apela Balan,  
a jurat Bafomet e son dieu Tervagan,  
ques el non partira a trastot so vivan.  
3935 per mi vos mandan tut, lor siatz secorran.  
et els que an ab lor la filha l’ almiran,  
una gentil donzela ab le cor ben estan.  
cela a la relequias don vos etz penatz tan:  
be las podetz aver, si vos ne atalan.”  
3940 can Karles l’ entendet, si n mena joya gran:  
no fora pus jauzens per tot l’ aur d’ Orian.  
Can Karles entendet Richart de Normandia,  
no fora pus jauzens per tot l’ aur de Syria.  
e jura San Denis, eny adora e pria,  
3945 que Gaynes e l sieu son ple de gran bauzia.  
“si mos nebotz fos mortz, en els no romanía.  
mays non er è ma cort lor paraula auzia.  
Richart” so dis le rey, “es la tor ben garnia?  
ear si s podon tenir d’ aysi a xv dias,  
3950 pres sera l’ almiran e la tor descofia.”

- "senher" so dis Richart, "no us o celaray mia.  
 l' almiran es mot fers e ples de felonia.  
 un pasatge lay a per mot gran maestia,  
 Martiple la cieutat qu' es fort e ben ayzia,  
 3955 et a li un gran pon et una tor garnia,  
 e perdenant la tor una porta garnia.  
 de ij parelhs de barras la porta es establia,  
 e cadenas de fer faytas ab maestia.  
 us pautonier la garda de mot gran felonia;  
 3960 Golafre es nomnatz: dami-dieu le maldia.  
 x melia Sarrazis a 'l paya en baylia.  
 ieu say be que per forsa no lay intraratz mia:  
 car no y valria forsa una poma poyria.  
 a pasar nos cove per outra maestia,  
 3965 a for de mercadiers ab petit demaynia.  
 cascus port son aubere e la testa garnia,  
 el bran dejos la capa per mot gran maestia.  
 e vos venretz detras ab vostra baronia.  
 e can aurem la porta de lo gran pon sayzia,  
 3970 ieu cornaray un grayle e' auziretz ses fadia,  
 e venretz mi secorrer ab la cavalayria.  
 aychi er, si dieu play, lo filh Santa Maria."  
 "ay dieus" so dis lo rey, "que fezit nueyt e dia,  
 com a parlat Richart! Jesus le benezia."  
 3975 donxs sonet l' auriflan, e l' ost fo somonia.  
 Als vals sotz Marimonda es la ost arestada.  
 l' endema gran mati, can l' alba fo crebada,  
 comandet le rey Karles sa gen que fos armada.  
 donxs s' armero Frances ses lunha demorada.  
 3980 Karles fou leu garnitz; l' auriflan es levada.  
 Richart de Normandia ab la cara membrada  
 donet lo caval negre ab la sela daurada  
 al duc Raynier de Gennes ses lunha recobrada,  
 e pueys a belamen sa gent adordenada.  
 3985 a for de mercadiers l' a mot ben arrezada.

- cascus portet son bran sotz sa capa fiblada.  
v cen cavayers foro de bona gent armada.  
lors saumiers aculhiro, van s' en per mieg la prada.  
Richart anet premiers: car be sap l' encontrada.
- 3990 anc entro a Martiple no y ac regna tirada.  
Karle si enbosquet pres d' una balestada  
ab sa rica companha, que menet ben armada.  
Karle fon dins le bosc ab c milier armatz,  
e Richart s' en anet ab sos baros armatz.
- 3995 menero lors saumiers, e so s' encaminatz.  
entro 'l pon de Martiple no y son aremenatz.  
el portal de la tor fon claus e be fermatz.  
Flagot corree dejos cumi cayrel enpenatz.  
desus fo la cumporta de grans cayros talhatz,
- 4000 et ab ferrollhs de fer le portal fo fermatz,  
e d' una gran cadena environ per totz latz.  
dedins no duptan home que sia de mayre natz.  
so dis Hugos de Nantes, "tuh em a mort lieuratz:  
car ieu vey de payas pus de mil totz armatz.
- 4005 dami-dieu nos men outra per las suas bontatz."  
"seuhors" so dis Richart, "pree vos que m' entendatz.  
ieu parlaray premiers, e vos tuh m' escoutatz.  
tan lor diray mesongas, si vos estatz en patz,  
entro delay le pon nos siam tuh pasatz."
- 4010 so dis Razols de Mons "si cum vos comandatz."  
ab aquestas paraulas an lors saumiers tocatz,  
per le pont de Martiple los menan totz serratz.  
can Golafre los vie venir totz ordenatz,  
per denant la portela es lo glotz arestat.
- 4015 un' abeha tenc èl punh, don lo fer fon tempratz.  
ab namelas d' acier ac dos pes mezuratz:  
pus talha que razors, can es ben afilatz.  
lo paya fo mot negres e laiamen formatz,  
et avia sos huelhs negres envirinatz,
- 4020 e las aurellhas grans un gran demieg palmatz.

ara gar dieus Frances, lo rey de majestatz:  
 car si negus pot eser conogutz, be sapiatz,  
 cascus aura la testa e los membres talhatz.

Frances pasan pel pon de Martiple a bando;

- 4025 Richart anet premiers, vestit son capayro.  
 entro sus a la porta no fan arestazo.  
 aqui troban Golafre, et anc tal Turc no fo.  
 demandet a Richart "e don yest tu, garso?  
 ni de cal encontrada veno aquib baro?"
- 4030 Richart tornet sa lengua, e parlet Arago.  
 "senher, nos em merchans; venem d' Auscario,  
 e menam draparia, qu' en fassam nostre pro.  
 a l' almiran Balan anam de gran rando,  
 de nostres riches draps li darem gran foyzo.
- 4035 cestz autres companhos sos trastuh esclavo.  
 e mostratz nos, bel senher, on nos aquitarom."  
 adoncx respon Golafre "ieu soy garda del pon.  
 mas per aychi passero l' autre jorn vij gloto.  
 mon trahut degr' aver a la repayrazon:
- 4040 mas l' almiran Balan los a en sa preyzo  
 en la tor d' Agremonia coma malvatz glotos,  
 e los te assetgatz entorn costa la tor.  
 us mcsatger s' en vay cuendamens a layro.  
 per aquesta gran aygua passet ad espero;
- 4045 mon cozi batet mort, don ay le cor felo.  
 plagues a Bafomet que l tengues en preyzo:  
 car certas ieu l fendera del cap tro al talo.  
 e l' almiran mo senher, que s te a trassio  
 de so filli Ferabras, car a gurpit Bafo,
- 4050 mandat m' a, iij jors a, e fayt defensio  
 que non lays pasar home de lunha regio,  
 que no vega qui es ni de quinha fayso.  
 ar mi mostratz la vostra ses tota contenso."  
 can Richart l' entendet, si baycha so mento.
- 4055 vec vos Razols de Mons que ac cor de leo,

- ei pros Hugues de Nantes, En Raynier le baro.  
 can Golafre los vic, semblan fetz, no lh saup bo.  
 pueys los a escridatz "atras, atras, baro:  
 car no vuell que pasetz, per mon dieu Baratro."  
 4060 donc sayzie la cadena, lo pon lev' a bando.  
 no n' a pasatz mas iij: aquels so en prezo.  
 Golafres a lo pont de Martiple levat:  
 un' apcha tenc èl punh, mot fo de gran fertat.  
 et a dih a Razols "mot fezetz gran foldat,  
 4065 ear outra 'l mieu coman vos etz sains intrat.  
 ar seretz mantenen tuh iij escapsat,  
 o us trametray dema mo senhor l' almirat.  
 desfiblatz vos las capas, e veyrem que portatz.  
 mot me resemlatz homes de gran mal apensat.  
 4070 per qu' etz passatz avan?" e a Razols trobat.  
 per capayro lo pres, un gran colp lh' a donat:  
 davant luy a sos pes en terra l' a getat.  
 "per dieu" so dis Razols, "ar ay trop endurat,  
 e' ayssi vilanament a terra m' as tombat."  
 4075 e desfibla s sa capa, trays son bran aceyrat:  
 per mieg lo cap amon vay ferir lo malfat,  
 si que l' una aurelha la outra a sautat.  
 e Richart e Raynier trazo ls brans aceyrat.  
 a Golafre n' an mot gran ruste colp donat,  
 4080 mas no li an la testa ni l cors entamenat:  
 ear el avia vestida la pel d' un encastrat.  
 e Golafre tenc l' apcha et a son colp levat.  
 Razols penset tot fendre per lo notz del baudrat,  
 mas el sautet vas destre: no l' a pas el tocat.  
 4085 Golafres a dat tal en un marbre cayrat  
 que l' apcha intret dins pus d' un pe mezurat.  
 "ay dieus" so dis Raynier, "bel rey de majestat,  
 que farem d' aquest Turc qu' es de tan gran fertat?  
 car no l podem plagar en cap ni en costat."  
 4080 lo duc gardet vas terra, un barras n' a levat.

ab ambas mas le pren, e si l' a encontrat.  
 tal li det perdetras qu' en terra l' a tombat.  
 las cambas li peseya ab son bran acceyrat.  
 al cazer que el fetz, a tal un crit gitat  
 4095 qu' en retendie la vila e tota la cieutat.  
 è mot petita dora x melia son armat:  
 paya son estornit, li culvert desfezat.  
 mot fo sobriers lo crit contraval la cieutat.  
 e Richart cor al pont, et a l tost avalat,  
 4100 e li cinq cens baro an tost le pou pasat.  
 a l intrar de la porta an payas encontrat.  
 adoncx pogratz vezer man colp de bran donat.  
 Richart a pres son grayle, autamen l' a cornat:  
 Karle l' a ben auzit dedins le boy ramat,  
 4105 et a cridat "Monjoya! sul destrier sojornat."  
 adonex corren Frances, et an esperonat:  
 entro l pont de Martiple non au regna tirat.  
 cel jorn feric ben Gaynes e tot son parentat:  
 premiers intret avan, son golfayno levat.  
 4110 mas l' ardimen d' aquels a mot petit durat.  
 paya torno a futa tro al major fossat,  
 e Frances los encauso ab los brans acceyrat.  
 li morh cazon spes, e fuio li naftrat.  
 Karle le fill Pepi a man colp pres e dat.  
 4115 Gaynes le trahidor li vay pres del costat:  
 aquel jorn fay a Karle gran semblan d' amistat.  
 Ab tan vec vos punhen Aufrizo lo jayans.  
 un malh porta èl punh, que fo fers e pezans.  
 de cavayers de Fransa a tuatz no say cans.  
 4120 Karle es dichendutz, iratz fo per semblans.  
 apres luy es vengutz le barnatge mot grans.  
 vas lo jayan s' endressa Karle mayne le franexs.  
 Karle l' emperador fe mot fort a lauzar:  
 portet trayta Joyoza, que fort reluzic clar.  
 4125 enans que lo jayans si pogues trastornar,

- feric lo l' emperayre tan co l bran poc levar  
amou sus per la testa, si co l poc azesmar,  
qu' entro sus a las deus l' anet trastost talhar.  
adoncx viratz payas glatir et escridar.
- 4130 Karle cridet "Monjoya! baro, pesem d' intrar."  
Richart de Normandia fe fortmens a lauzar,  
e dons Razols de Mons, pus arditz d' un singlar.  
ayeels iij e Karle fan payas recular,  
dins les murs de Martiple van a forsa intrar.
- 4135 encuey sera mot pres Karle de mescabar.  
entorn luy s' ajustero pus de viij mil Eselar,  
e pus de v cens Tures van la porta tancar.  
mas no pogro le pont per negun fayt levar:  
car li baro de Fransa lor davo pro que far.
- 4140 mot lay ae gran estorn a la porta fermar.  
si Karles ae paor, no us o cal demandar.  
estreytamen si pres Jesus a reclamar,  
Rollan et Olivier si pres a recordar.  
e Richart l' escridet "no us vulhatz esmayar.
- 4145 senher, tan can poyrem, pensem del be chaplar.  
qui aychi eus fallira, dieus nos lh puese' aydar.  
ar poyra ben casens son barnatge provar."
- Karles fo a Martiple entre payana gen,  
Richart de Normandia e Raynier hichamen,
- 4150 e Razols et Hugo, tuh v tan solamen.  
de payas e de Turexs fan gran destruzimen.  
mas si Jesus no n pensa, no lor valra nien:  
car trop fo gran la priedcha de la pagana gen.  
lo rey a escridat Monjoya n autamen,
- 4155 e Gaynes l' entendet: gran pietat li n pren.  
punhen vene a la porta, de son caval dichen.  
Autafuelba escrita: ar vengro siey paren.  
ricamens son armat: mil foro e v cens.  
la porta envaziro per gran afortimen,
- 4160 e ls Sarrazi dedius s' aydero malamen.

- pus menut lausan peyras que pluega no dichèn.  
dels parens Gaynelo nafratz lay ac be cen.  
“per fe” so dis Aloris, “nos em tuh fors del sen,  
c’ aychi nos fam aucieure a dol et a turmen.”
- 4165 pueys dis a Gaynelo “bel neps, anem nos en.  
Karles es pres dedins, on tota Frans’ apen.  
de luy e de Raynier avem hucy vengamen.  
qui jamays l’ aydara, dieus le torn a nièn.  
ar podem aver Fransa a nostre mandamen.
- 4170 vostre payre er reys, e aura l tenemen.”  
“no plassa dieu” dis Gaynes, “le payre omnipoten,  
que vas mo senhor fassa trasio a prezen.  
del tenem nostra terra e nostre cazamen.  
deven li ajudar de bon cor lialmen:
- 4175 car aychi non a un que no lh fes sacramen.”  
can Aloris l’ enten, a pauc d’ ira no fen.  
Aloris dis a Gaynes “vos estes forsenatz  
car vos aychi estatz. que venir no n puscatz.”  
“no plasa dieu le payre, que fo en crotz levatz,  
4180 que ja en tal manieyra Karle sia falsatz.”  
ab tan ve us Ferabras, que tan fo bos armatz.  
ab sa votz que ac clara, los a n aut escridat.  
“et on etz, Karle mayne, mos cars senher prezatz?”  
li trahidor respondo “mays no ere que l vegatz:
- 4185 car enclaus e dedins dins cels murs dentelhatz.”  
can l’ enten Ferabras, a pauc n’ es forsenatz,  
et a cridat a Gaynes “baro, que agardatz?  
so es gran volpilatge car vos no lh’ ajudatz.  
encara n poyratz eser de trassio reptatz.”
- 4190 can Frances l’ entendero, vec les vos espertatz.  
entro sus a la porta no y son aremenatz.  
lay troban Gaynelo que ja era nafratz.  
Ferabras ac gran joya car le pont fo baychatz.  
a l’ asallir son be el e Gaynes portatz:
- 4195 ab apchas et ab picx an los portals brizatz.

vec les vos dins Martiple per vivas pozestatz.  
can viro lh traydor qu' es preza la cieutat,  
tuh ensemps s' en intrero, lors golfaynos levatz:  
comunalmen feriro ab los brans aceyratz.

4200 la jayanda auzic cum si son demenatz.

Can enten la jayanda que la vila 's forsada,  
sauta fors de son lieyt tota descabelhada.

denant si esgardet, una faus a trobada.

jamays tant cant illh viva, no er preza l' intrada.

4205 de nos Frances a mort pus d' una carretada.

“ay dieus” so dis lo rey, “santa vergis honrada,  
ieu vey lay un diable pus negre que molada.

de mos homes aucir la vey mot dezirada.

gran dampnatge fara, si lonc temps a durada.

4210 qui a arc ni balesta, sempre m sia lienrada.”

lo duex Hugues de Nantes n' ac un' aparelhada.

d' una sala peyrina que fo aut compassada

lo coms l' a tenc tenduda, ac la vielha avizada.

tal li det per le fron, can l' a be azesmada,

4215 que per mieg lo cervel n' a la fleca passada,

e cazet leu a terra morta et eversada.

anc pueys no fo per ela l' intrada devedada:

Frances an sus la vielha manta peyra lansada.

Karle a pres Martiple ab forsa et ab vigor.

4220 tot aucizo can trobo de la gen payanor.

ay dieus, tan gran aver trobero aquel jorn,

aur et argen e seda e palis de color.

l' almiran avia mes gran trezaur en la tor:

car era fortaleza, pus gran non es alhor.

4225 Karle nostr' emperayre ab la fresca color

partic tot le trezaur a la ost et alhor.

dos jerns et una nueyt aqui feyro lezor.

Karle a pres Martiple la fort cieutat valhan.

aval dejos la vila s' anero albergan.

4230 le bore e las mayzos anero relevan,

- e vengro a la cambra on ero li efan  
 qu' ero de la jayanda, la femna del jayan.  
 li Francees los aporto a Karle de denan;  
 e can Karle los vic, de crotz si vay senhan.
- 4235 San Denis a jurat, cuy tray a son guiran:  
 no ls laycharia aucir per tot l' aur d' Orian.  
 e fetz los bateyar a l' evesque Johan:  
 l' us ac nom Olivier, e l' autre nom Rollan.  
 mas no visquero pas ij mes entieyraman:
- 4240 car el i foro mort abbeduy en durman,  
 enans que l' emperayre agues conquist Balan.  
 So fo el mes de May a l' intrada d' estat:  
 Karle a pres Martiple ab son riche barnat.  
 lo due Raynier de Nantes et Hugo le lauzat
- 4245 e dons Razols de Mons ab le cor abdurat  
 parlero e diebero a tot l' autre barnat.  
 "senhor, qui romanra en aquesta cientat  
 per gardar lo passatge entro siam tornat?"  
 "senhors" so dis Richart, "ieu m' ay a nueyt pensat
- 4250 que Razols i romanda, si a vos ve a grat,  
 e 'l due Hugues de Nantes ab v eens del barnat."  
 "per fe" so a dit Karle, "vos avetz ben parlat.  
 aylhi sera lo fayt cum avetz devizat."  
 Razols e 'l com n Ugo gardero la cientat,
- 4255 et ab lor son romas cels que ero nafrat,  
 per lors plaguas guerir tro fossen ben sanat.  
 aval per tota l' ost son li saumier cargat  
 de pa, de vi, de carn, d' avena e de blat.  
 mas de l' autre arnes non an ges aportat:
- 4260 tot romas a Martiple en la gran fermetat.  
 Karle sec sus Blancart: vec lo us encaminat.  
 e regardet sa gen, don el ac gran plantat.  
 los huelhs levet val cel per gran humilitat.  
 "senher payre de gloria, tan m' avetz honorat.
- 4265 mot pues eser alegres, can de tot cest barnat

puesc ieu far tot mon pro et a ma volontat."  
dami-dieu en merceya et a son cap senhat.  
ar cavalga la ost belamens et de grat.

L' emperayre de Fransa ab la barba floria  
4270 cavalgua belamens ab sa gran baronia.

e melia cavayers a en sa companhia,  
e l' avangarda fetz Richart de Normandia  
e Ferabras lo pros, que sa ley a gurpia.  
mas l' almiran Balan a la noela auzia,

4275 que Karle a sa gen de Martiple auzia,  
e que mort a Golafre qu' en garda la tenia,  
e tout l' aur e l' arnes e l' autre manentia.  
tal dol n' a demenat, e planh e plor e cria.  
"ay Bafomet" dis el, "cum es ta ley aunia!

4280 malvat dieu recrezut, no valetz una lia.

ben a fayt Ferabras car a ta ley grepia:  
car mos homes degratz no perdeso lor via."  
e pres una gran massa, ab ij mas l' a sayzia,  
e venc test e corren a la Bafomayria.

4285 tal ne det a Bafom sus la testa dauria,  
tota la li trenquet e lo cors li debria.  
e pueys can o ac fayt, envas luy s' umelia.

Mot menet l' almiran gran planh e gran dolor.  
e nostre bars estan èl palaytz dins la tor.

4290 Sarrazis lor asalho per forsa et am vigor.  
l' almiran escridet "mueyran li traydor.  
mantenetz ben l' esaut, e' ades penrem la tor,  
et ardray Floripar que m fay tal dezonor:  
et ela e ls glotos auciouray a dolor."

4295 donex saliron payas tot eutorn de la tor,  
e Francees si defendo cum bon cumbatedor.  
ma si Jesus no n pensa, venguh son a dolor.  
la sala an perduda e la statga major:  
non au mas una cambra de petita valor.

4300 "senhors" so dis Rollan, "mantengam be l' estorn.

- fasam lor gran dampnatge sivals tot aquest jorn.<sup>22</sup>  
 "companh" dis Olivier, "no siatz en error.  
 enqueras em sains tals x combatedor  
 que podem e devem gardar so que tenom.  
 4305 iscam nos en defors è nom del salvador:  
 may am morir defors que vieure a deshonor.  
 aychi sera lo fayt: ja no y aura trigor."<sup>23</sup>
- Ar son nostre Frances en la tor eserratz:  
 non an mas una cambra, e so fort enugatz.  
 4310 ja foran Sarrazi eb lor ensemps mesclatz,  
 can li baro de Fransa lor son encontr' anatz.  
 Floripar los apela et a los escridatz.  
 "senhors, ar del ben fayre siatz entalentatz:  
 car si d' aquest asant estes vos deslieuratz,  
 4315 tal causa us mostraray don tuh scretz pagatz.  
 so sera la corona Jesus de majestat."<sup>24</sup>  
 can l' entendo li comte, pluran de pietat.  
 adonexs viratz d' espaza man ruste colp donat.  
 dels estables an traytz los bos cavals gitatz.  
 4320 adonexs a Floripar due Naymes apelat,  
 e 'l pros Teri d' Ardena que a lo cap mesclat,  
 e Berart issamen: aquestz iij a sonat.  
 "senhors, vos m' avetz tuh e pleuit e jurat  
 que no faretz ja re mas can ma voluntat.  
 4325 ara us er la corona e ls iij clavels mostrat,  
 e lo signe Jesus que tant ay fort a grat."<sup>25</sup>  
 els dizo que faran del tot a so mandat.  
 Floripar s' en intret, un cofre a portat.  
 e vay penre la clan, e si l' a desfermat;  
 4330 e trays fors las reliquias, et illi son enelinat  
 lors caps envas la terra, et an dieu reclamat.  
 due Naymes de Baviers a premiers paraulat.  
 "ay dieus, gentil donzela, ben em tub cofortat.  
 baylatz nos las relequias per la vostra bontat,  
 4335 taut tro n' aiam las brocas e nostres huelhs tocat."<sup>26</sup>

- al duc Naymes las bayla, a las desvolopat:  
las reliquias azoro ab gran humilitat.  
e Naymes si regarda del mur endentelhat,  
e vic mil Sarrazis que son ja dins intrat.  
4340 presa agran la tor per viva pozestat,  
can duc Naymes lor a las reliquias mostrat.  
d' aytan aut cum illh foro en terra son donat.  
"ay dieus" so dis duc Naymes, "aras avem proat  
e' ayso so las reliquias Jesus de majestat.  
4345 baro, hueymays siam del tot asegurat,  
car per guerent avem la sauta Trinitat."  
so respondo li comte "vos dizetz veritat."  
anc despueys no y ac Ture ni Sarrazi duptat.  
Frances son sus la tor, et us temor no n a:  
4350 per las santas reliquias cascus s' asegura.  
duc Naymes de Bavier Floripar apela;  
las reliquies li ten, et el las rebayza.  
la douzela las pren, si las envolopa.  
trastota desfoblada als comtes repayra.  
4355 un diaspre vestic que lutz e flameya:  
pus suau que pimen de bon odor flayra.  
lo coms Guis de Bergonha totz armatz la s bayza.  
venguh son als dentells, on cascus s' aferma.  
can l' almiran los vic, gran mal talen en a,  
4360 e no y s pot abstenir, autamens escriba.  
"Floripar la mia filla, e ta mal vos venra.  
be fo fols vostre payre, can en vos se fiza,  
e ben ac mal conselh que ls Frances vos bayla.  
de vos e dels glotos l' amor si partira."  
4365 ab aquestas paraulas l' asaut recomensa.  
l' almiran pres un grayla, autamens lo corua.  
los trabuquetz traychero xiiij que lay n' a.  
un gran pan de la tor en terra crebanta.  
Rollan et Olivier et Augier s' en intra.  
4370 en una cambra vengro on Tervagan esta.

- cascus pres un dieu d' aur, a son col lo cargua.  
 Rollan tenc Apoli, de lansar s' ayzina:  
 jos en la prieysa major als payas lo lansa.  
 et Augier tenc Margot, aval lo balansa.
- 4375 Olivier tenc Lupi, contraval l' evia.  
 duc Naymes de Bavier Bafom lor balansa.  
 can Balan vic sos dieus, totz d' ira alumna:  
 tal dol ac e tal ira e' a terra s' esplasma.  
 Sortibran de Coimbres de terra l releva.
- 4380 l' asaut es romazutz, e l' estorn s' afina.  
 per amor de lors dieus mant Sarrazi plura.  
 pueys a dit l' almiran "senhors, ara parra.  
 tostems aura m' amor qui mos dieus vengara."
- L' almiran Balaan fon dolens et iratz,  
 4385 et a dit a Bafom "vos estes oblidatz.  
 be semblatz adormitz e' aytal onta sufratz."  
 "senhier" dis Sortibran "vilanamen parlatz."  
 ab tan fo Bafomet devant luy aportatz.  
 us dyable d' ifern li 's dins el cor intratz,
- 4390 e parlet ensemblan per viva pozestatz,  
 e dis una paraula, e fo ben escoutatz.  
 "almiran, riche bar, e per que us gaymentatz?  
 ar faytz sonar un grayle e la tor asautatz:  
 car ieu vos dic a certas, mantenen la penratz."
- 4395 "ara" dis l' almiran "sia faytz sos mandatz."  
 adoncxs foro mil corns e mil grayles sonatz:  
 las peyras e ls cayres foro aparellhatz.  
 ar pens dieus del Frances per las suas bontatz:  
 car si l secors lor tarza, mortz son et afolatz.
- 4400 Mot fo sobriers l' asaut e fera la cridada  
 de payas e de Turex e de gen no fezada.  
 ab piex et ab picasas la porta an brizada;  
 entro a las fenestras no an fayta restada.  
 amont sus le castel son ja pres de l' intrada,
- 4405 e penseront aver de maintenant l' intrada.

- mas dedins a x comtes de Fransa la lauzada:  
cuy atenho a colp, sa vida es finada.  
ma si Jesus no n pensa, ja no y auran durada.  
"senhors" dis Olivier, "franca gent honorada,  
4410 no y aia coardia fayta ni per pensada.  
vos vezetz que la tor es en xx loexs trancada.  
mas per aysel senhor que fetz cel e rozada,  
enans que l' arma sia fors de mon cors anada,  
auciray de payas pus d' una carretada."  
4415 can Rollan l' entendet, s' espaza a gardada,  
et Olivier la sua qu' es tota sanglentada.  
no u' i a un de totz no aia vertut cobrada.  
ar intreron payas una gran randonada.  
can li comte los viro, per mot gran azirada  
4420 ab los brans de l' acier an la tor deslieurada.  
"ay dieus" dis Floripar, "santa vergis onrada,  
encuey seray destruita et a mort tumentada.  
ar rendrem cesta tor: mala fos anc formada."  
so dis Gui de Bergonha "calatz vos, bela nada.  
4425 garatz e' aytal paraula no sia may pensada."  
"senlier" dis la pieuzela, "mot fort soy esfredada:  
car le secors no ve, nostra vida 's finada  
be m pensiey a gran joya estre vostra 'spozada  
et eu santismas fons lavada e mondada.  
4430 volgra vos fosetz reys et icu regina coronada."  
adoncxs a Floripar fayta gran sospirada:  
si Olivier no fos, eutr' els fora s plasmada.  
mas Gui et Olivier l' an abduy sostentada,  
e conortan son cors tro que fo remembrada.  
4435 dux Naymes esgardet lay vas una encontrada:  
la senba Sant Denis a mot ben avizada,  
be conoc le drago ab la coa bendada.  
"senhors" so dis le duc, "franca gent honorada,  
tota nostra dolor es hueymay espasada.  
4440 la senba Sant Denis a la val ja passada.

sieus cum cel que la porta ve de gran randonada.  
 be say, de nos vezer a mot gran dezirada.  
 la ost ve apres luy belamens ordenada.  
 ja an preza la terra e tota l' encontrada,  
 4445 e totz premiers cavalgua Richart de Normandia.  
 dema auran payas doloyrosa jornada."  
 "ay dieus" dis Floripar, "regina coronada,  
 gloriosa pieuzela, tu n sias honorada.  
 senhe 'n Gui de Bergonha, be m' avetz oblidadada.  
 4450 bel senher, si m baysatz, pueys seray sadolada."  
 can Frances l' an auzida, gran joya an menada.  
 lo coms Guis de Bergonha n' a sa color mudada,  
 car el tornet pus frex que roza en estrada.

Mot an gran gauh li comte, can Naymes ac cumtat  
 4455 qu' el barnatge venia que tant an dezirat.  
 a l' almiran Balan o an payas cumtat,  
 que Karle a la val d' Agremonia passat  
 ab e melia homes que tuh so ben armat.  
 l melia Turex son ensemps ajnstat,  
 4460 que gardon lo destreyt de la val Jozoat.  
 e Karle cavalguet, son golfayno levat;  
 Richart de Normandia li fo pres al costat,  
 e li baro de Fransa cavalgan arengat.  
 per desotz le destreyt dichendo en un prat.  
 4465 lay si son albergah: no y ac tenda ni trap;  
 tot era a Martiple en la gran fermetat.  
 li destrier paychon l' erba, els se son dezarmat.  
 entro que parec l' alba, l' alauza ac cantat.

Can l' alba aperec, qu' es pres ad esclayrar,  
 4470 Karles a faytz sos homes garnir et ayzinar,  
 aychi cum per cumbatre belamen arengar.  
 Ferabras d' Alichandre se adoncx apelar.  
 "Ferabras" dis lo rey, "ie' us ay fayt bateyar:  
 totz los jorns que ieu viva, vos en tenray pus car.  
 4475 una causa, bel senher, vos vuellh dir e cumtar.

- si volgues vostre payre Bafomet renegar  
et en Jesu Crist ereyre, e s volgues bateyar,  
ja de tota sa terra no perdera palmat.  
e si m combat ab el, faray lo escapsar.”
- 1480 “senher” dis Ferabras, “per dieu vos vuelh preyar  
que mandetz a mon payre, si vol dieu adorar  
et en santismas fons bateyar e lavar.  
e si non o vol fayre, no vo n vuellei pus pregar.”  
l’ emperayre de Fransa fe Raynier apelar
- 1485 et Hugo e Richart, que vuelhan conselhar,  
e mans d’ autres baros que no vos say nomnar.  
“baro” so dis le rey, “qui poyray enviar  
a l’ almiran Balan est mesatge cumtar?”  
“senher” dizo lh baro, “be us podem conselhar.
- 1490 vec vos lay Gaynelo, que fay mot a prezar.  
al penre de Martiple lo vim mot ben portar.  
e si dis tal paraula que fay ben a comtar,  
que per tot l’ aur del mon no us volria bauzar.  
aras le poyretz be en est fayt esproar.”
- 1495 l’ emperayre de Fransa apelet Ganelo.  
“Gaynes, venetz avan, et anatz de rando  
a l’ almiran Balan dire que lays Bafo  
e creza Jesu Crist que sofric passio,  
e que m renda los comtes qu’ el a en restazo,
- 1500 e las dignas relequias; e no lh deman pus do.  
e si non o vol fayre, ab luy quier contenso.”  
“senher” respondet Gaynes, “volontiers a bando.”  
ricamens s’ es armatz a guiza de baro,  
e monta el destrier e’ apelo Tassabro:
- 1505 no vitz millhor caval de la sua faysso.  
sus son col a pendut un escut ab leo;  
pueys a pres son espieut ab mot bel gonfayno,  
et anc no vole menar ni par ni cumpanho.  
per la val Jozue s’ en vay ad espero.
- 1510 li paya que lay ero, si l’ au mes en razo.

- "cavayer, qui es tu, que vas de tal rando?"  
 e Gaynes respondet "messatge soy Karlo:  
 a l' almiran Balan vau comtar ma razo."  
 donex lo laychan anar li cavayer felo.
- 4515 entro l trap l' almiran no fe arestazo.  
 sus son espieut s' apunta per denant so mento:  
 ja fara so mesatge, cuy qui pes o qui no.  
 Gaynes fo mot arditz e savis et senatz,  
 e ditz a l' almiran "Sarrazi, escoutatz.
- 4520 per mi ti manda Karle, le bon rey coronatz,  
 que tu layches Bafo e sias bateyatz.  
 e crey en dami-dieu que fo de vergis natz,  
 et en las santas fons bateyatz e lavatz.  
 e ren li la rorona don diens fo coronatz
- 4525 e las dignas relequias e l signes honoratz.  
 et apres si t demanda sos cavayers membratz.  
 e si tu ayso fas, tu iest aseguratz,  
 de to filh Ferabras en seras may amatz.  
 e si non o vols fayre, per luy iest desúsatz.
- 4530 vay t' en fors de la terra, que no sias trobatz:  
 car si Karle ti troba, mortz es et afolatz."  
 can l' enten l' almiran, pauc no n' es forsenatz.  
 "glot" so dis l' almiran, "mot iest otracungatz,  
 ear aychi iest vengutz sus ton caval armatz.
- 4535 jamay per tu mesatges no sera recomtatz.  
 malvatz es mos poders, si vos en retornatz."  
 sos homes escridet "baro, tost l' om liatz."  
 cau Gaynes l' entendet, si s' es be perpensatz.  
 Brullan le volc ferir: Gaynes s' es regiratz,
- 4540 et a brandit l' espieut, don lo fer fon cayratz.  
 per mieg le pieytz ferie Brullan de Monmiratz,  
 que per le gros del cor li es l' espieut passatz,  
 si e' als pes l' almiran es le corps eversatz.  
 lo caval esperona, et es s' en retornatz.
- 4545 l' almiran salli en pes et es n aut escridatz.

- “Sarrazi, Sarrazi, mala us escaparatz.”  
adoncas els corriro, als destriers son montatz:  
Gaynelo encausero pus de mil Turcx armatz.  
Naymes fo en la tor, lo vielh canut barbatz:  
4550 als fenestrals del marbre esta totz acodatz.  
Rollan et Olivier e ls autres a sonatz.  
“senhors” so dis le duc, “per dieu ar esgardatz.  
lay vey un cavayer que sembla bos armatz,  
e siegon le detras pus de mil renegatz.  
4555 Gaynelo ni ressemble als entresenhs obratz.”  
“senher” so dis Rollan, “so es fina vertatz.  
fortmen mi pezara sal ayes encombratz.  
tuh preguem Jesu Crist que l garde de mescaptz.”  
ar s’ en vay Gaynelo sus son caval corran;  
4560 l’ escut tenc è sas armas, è son punh le nut bran.  
Sarrazi l’ encausero, li culvert mescrezan.  
sus la val Jozue ac un tertre mot gran:  
lay anet Gaynelo sus la gent mescrezan.  
us paya d’ Agremonia fier sus l’ elme luzan,  
4565 que tot lo perfendet tro al pietz de denan.  
apres tuet Tenebre, le frayre l’ almiran.  
et Olivier regarda, et apelet Rollan;  
dels fayts de Gaynelo els menan joya gran.  
e Sarrazis encausan, de ferir deziran.  
4570 mas can viro l’ ost Karle, els no van pus avan,  
mas tornero atras a l’ almiran Balan.  
del mesatgier de l’ ost li van lo ver comtan,  
cum a mort lo paya e fendut de son bran,  
et a tuat lo frayre Tenebre le valhan.  
4575 e de la ost de Karle li comtan cum es gran,  
que pus son de e melia de valens combatan.  
“faytz armar vostra gen; non o anetz tarzan.”  
doncx cornero mil grayle e mil corns ichaman.  
et aychi cum payas s’ anavo ajustan,  
4580 vec vos un mesatgier vengut a l’ almiran,

- que li comta las novelas de Tenebre valban  
e de Karle de Fransa, emperayre valban,  
que tala ost amena, anc hom non vic si gran.  
“mot fort menassa Karle que vos fara dolan.”
- 4585 can l' enten l' almiran, si n mena joya gran.  
so frayre va culhir desus son auferan.  
mot menero gran joya, can si van encontran.
- Mot fo sobriers la just dels culvertz Sarrazis.  
lors escalas devizo, e si n fan xxvj.
- 4590 ar pens diens dels Frances, que en la crotz fo mis:  
car mot seran greuiatz ans que sia mieg dis.  
sus son destrier venc Gaynes punhen totz endemis.  
las novelas cumtet al rey de San Denis,  
que l' almiran no preza ni sos faytz ni sos dis,  
4595 ni dieu ni totz sos sans valen de dos taris.  
“mot m' es be avengut, car illh no m' an aucis.  
vezent payas li ay un cavalier aucis,  
si e' als pes l' almiran tombet per Sant Denis.  
e can m' en retornava, autres dos n' ay aucis.”
- 4600 “Gayne” so a dih Karle, “mot etz pros et ardis.  
ar faytz sonar los grayles; l' oriflan sia 'spandis.”  
Richart pres l' oriflan, que sab tot le pays.  
R. en a los faytz entendutz e de vis.  
per tota l' ost montero li cavayer de pris;  
4605 lors aubercs s' endosero, et an lors escuts pris.  
lay pogratz vos vezer de bos espieutz forbis.  
x escalas an faytas de cavayers de pris.  
eu l' una fo Richart e talentos e guis,  
el duc Raynier de Gennes en l' autre, so m' es vis;
- 4610 e Gaynes ac la tersa, la carta Aloris;  
e Jaufre d' Autafuelha ab los grinhos floris  
ac la quinta batalha, si cum la gesta dis.  
Macaris ac la sexta, e' avia lo pel bis;  
Andrieus ac la setena, la ochena Teris,  
4615 e la novena ac us cavayer de pris,

- la dezena escala lo rey de Sant Denis.  
en cascuna batalla a x melia Frances.  
fa una ost ve l' altra: tan se son avan mis.  
l' almiran apelet Rostanh e Macabis.
- 4620 "vos los asaliretz ab e melia taris:  
si Bafomet o vol, Frances son descofis.  
mas si prendiatz Karle, gardatz no sia aucis.  
mas Ferabras mo filli faytz tirar a rosis."  
ab tan sonan li grayle, et an los corns bondis.
- 4625 Rostan vole cavalguar ab la gen no fezada:  
pus de ecce corns sono cela vegada.  
denant trastotz los autres pres d' una balestada  
s' es avansatz Rostanh ab sa senha levada,  
et escridet "Aufrica" ab mot gran alenada.
- 4630 "Karle, on etz anatz ab la barba mesclada?  
mala pasiest Martiple; tart er la retornada.  
Frances tenran ostage è nostra encontrada:  
de iiij deniers d' aur er lor testa comprada."  
Karles a la paraula auzida; no lh agrada.
- 4635 lo destrier layela correr de mot gran randonada.  
vay ferir lo paya sus sa traia obrada:  
tan can l' asta li dura, l' abat mort en la prada.  
pueys broca son caval, can venc a la girada.  
anet ferir Jutin, un rey de Valmorada.
- 4640 ges l' escut no li vale, ni lh pot aver durada:  
per mieg le cors li mes la gran lansa parada,  
si que mort l' abatet de la sela daurada.  
can la lansa li falh, l' espaza a cobrada.  
al premier qu' encontret a dada tal colada
- 4645 que la testa cazec un astat en la prada.  
als grans colps de Joyosa paya no an durada:  
doncs s' esfora la noysa e l' critz e la mesclada.  
Mot fo grans la batalha, can Karle fo mesclatz.  
be y feriron Frances, li vassal abduratz.
- 4650 de mortz e de nafrazt es le camp enjoncatz;

- del sanc que cor per terra es mot grans le fangatz.  
 vec vos per la batalha tot punhen Tenebratz,  
 e fo sus un destrier corren et abrivatz.  
 fier Hugo de Pontayza sus l' escut qu' es obratz:
- 4655 la bloca li pesseya, e l' auberc es falsatz;  
 per mieg lo gros del cor li es lo fer passatz.  
 mort l' abat del caval, Agremoni' a cridatz.  
 pueys a trayta s' espaza, qu' el pom fo nielatz:  
 aucit nos a Hugo e Guirant del Fossatz.
- 4660 "per Bafomet" dis el, "tuh estes afolatz."  
 Richart de Normandia a lo Turc escoutat:  
 lo caval laycha correr, et a ab luy justat.  
 l' escut tot li trenquet, e l' auberc lh' a falsat:  
 per mieg lo gros del cor li mes l' espieut cayrat.
- 4665 tan can l' asta li dura, l' abat mort abauzat.  
 "outra" dis el, "culvert, que trop avetz durat:  
 t' arma sia dampnada èl potz de Satanat."  
 Richart de Normandia tenc lo bran aceyrat:  
 un Turc a tot fendut tro al notz del baudrat.
- 4670 Frances passan per forsa la gran val Jozuat:  
 tro als pratz d' Agremonia no y ac regna tirat.  
 e trobero la forsa de Balan l' almirat.  
 en sa cumpanha foro xxx rey coronat,  
 que cascus de totz xxx a son poder mandat:
- 4675 ab e melia payas lay foron ajustat.  
 cilh que vengro fugen, li an dit e cumtat  
 que so frayre es mortz èl secors e' a menat.  
 can o autz l' almiran, tot le sanc a mudat.  
 en apres apelet so nebot Tempestat
- 4680 e dels autres baros, si cum son pus privat.  
 "baro" dis l' almiran, "tostemps vos ay amat,  
 e si voletz m' onor, aras er ben provat."  
 can Sarrazi l' entendo, pluran de pietat.  
 "donem sobre Frances que m' an deseretat."
- 4685 L' almiran cavalguet sus un liar destrier:

- en trastota Espanha non ac melhor corsier.  
e comenset apres sa senha despleyer.  
adonex sonan ensemps v e corns monodier.  
al premier cap denant aneron li arquier.
- 4690 adonex pogratz vezer l' estorn recomensier,  
la un mort sobre l' autre cazer e trabuquier.  
pus menut no fay pluega, van sagetas d' acier.  
ab tan vec vos punhen lo riche due Raynier:  
cel fo senher de Gennes e payre d' Olivier.
- 4695 Sortibran de Coimbres a encontrat premier.  
tal colp li vay donar sus l' escut de cartier  
que l' escut no li vale un ramel d' olivier:  
la lansa e l peno li vay èl cor banhier.  
Sortibran cazet mortz, l' asta vay peseyer;
- 4700 e Raynier tray l' espaza ses pus de demorier:  
payas e Sarrazis comensa detrenchier.  
aychi s' en fugen tuh, li felo aversier.  
us Sarrazi s' en vay a l' almiran comtier  
que "mortz es Sortibran que tant aviatz en chier."
- 4705 can l' enten l' almiran, el cuyda forsenier.  
Mot fo per Sortibran l' almiran esmayans.  
pei mal talent s' en partorrosos e dolans.  
lo caval laycha correr, que mot era movans.  
sus l' escut de cartier fier Robert lo Normans;
- 4710 trastot lo perfendet per ambedos sos pans:  
mort l' abat del destrier, don fo dampnatge grans.  
mortz nos a x Frances e xiiij Normans.  
el cridet "Agremonia! vengatz es Sortibrans.  
ieu vos faray conoycher cum si fier l' almirans.
- 4715 Karle ne menaray per sos grinhos ferrans.  
apres luy er pendutz Oliviers e Rollans  
e ls autres cavayers qu' en la tor son layns."
- Mot fo fortz la batalha e lo chaple felo.  
ab tan vec vos punhen lo comte Gaynelo
- 4720 et Andrieus et Aloris d' Autafuelha grio,

- Berengniers e Macharis (senhors son del leo),  
 e l' orgulhos linatge punhen ad espero.  
 al baychar de las lansas fan gran occisio,  
 que pus de mil payas an gitatz al sablo.
- 4725 amon per mieg son elme anet ferir Milho:  
 anc no li valc la cofa le valen d' un boto;  
 trastot lo perfendet del cap tro al talo.  
 ve us venir l' almiran ab coratge felo.  
 encontret en la via le comte Gaynelo:
- 4730 tal colp li vay donar qu' el tombet òl sablo.  
 l' almiran le sayzic per l' auberc fermelo:  
 ab ambas mas le leva sus l' auferan Gasco.  
 ja lo n' agra portat entro son pavalho,  
 can l' orgulhos linatge li venc en aviro.
- 4735 l' almiran lo laychet, o so volgues o no.  
 ab sa votz que ac clara el escridet Bafó.  
 de mantenenent li vengro xxx reys enviro.  
 le foc Grazesc aportau, que getan a bando:  
 Frances menan baten un gran trayt de basto.
- 4740 ja foran descofit ses lunha falhizo,  
 can Ferabras lay venc, que mot ama Karlo.  
 et el fetz de payas mot gran occisio.  
 Tempesta abat mort, eso filh Tabio,  
 e plus may de xl del linatge vayro.
- 4745 mas de payas lay vengro tal forsa de rando:  
 si dami-dien non pensa, que sufric passio,  
 encuey iran Frances a gran perdissio.
- La batalha fo grans, longamens a durat:  
 ja foran li Frances malamen mescabat,
- 4750 si no fossen li comte, cuy dieu done santat.  
 ab tant ve us nostres comtes de la tor avalatz.  
 aval dins los estables an lors cavals trobatz:  
 cascans a pres le sieu, mantenenent so montatz,  
 e prendo lors escutz e lors espieutz cayratz.
- 4755 Floripar la corteza a en aut escridat.

“senhors, Jesus vos guit, lo rey de majestat.”

li baro s' en anero punhen tuh abrivat.

de grans colps a ferir so ben entalentat.

ar sabran Sarrazi si Frances son escapat.

4760 cascus de nos baros a lo sieu trabucat.

paya fuio Rollan, can l' an ben azesmat:

los colps de Durandart los an espaventatz.

paya son descofit e tuh desbaratat:

la batalha grepicho, en futa son tornat.

4765 can lo vic l' almiran, tot le sanc a mudat.

ab sa votz que ac clara, en aut a escriadat.

“a senher Bafomet, be m' avetz oblidat:

vos no fariatz a creyre pus que un mausti nat.”

L' almiran vic sos homes fugir totz descofitz,

4670 e Frances los detreanean ab brans d' acier forbitz.

mas l' almiran cavalgua sus un caval de pris;

tenc l' espaza òl punh, e fo pros et ardis.

amont per mieg son elme fier Hugo de Paris:

entro sus a las dens fo fendutz e partís.

4775 apres a mort Jaufre, En Jaques de Sant Lis,

En Gari d' Albafort, Folcaut de Sant Denis.

l' emperayre o vic: mot mal fo talentis,

e broca son caval dels esperos d'or fis.

de Joyoza lo fier Karles, rey de Paris.

4780 no l' poc entamenar l' elme: tan fo masís.

sus en l' arso denan dichen lo bran forbis,

en doas partz li a son destrier mieg partit.

l' almiran chay a terra, mas tost es sus salitz:

perdesotz l' emperayre a son caval aucit.

4785 e lo rey salh en pes cum vasal afortitz,

Karle et l' almiran son abduy avalatz;

ab lors brans aceyratz si son ben encontratz.

l' almiran fo pus grans que Karle un palmat.

los escuts d' ambedos son rotz et detreaneatz:

4790 en v loexs de la carn es nostre rey plagatz.

- enpero l' emperayre no l' a ges refudat,  
 c'un colp li a donat sus en l'elme vergat,  
 las peyras e las flors en cazo per lo prat.  
 mas la cofa fo fortz: no l' a entamenat.  
 4795 e lo bran escalampa, que pus bas a tocat.  
 l' espero li a prop del talo redonhat.  
 "paya" dis l' emperayre, "mot n' as huey treballhat.  
 mas si Bafom avias per Jesus delaychat,  
 per amor de to filh ti rendray l' eretat."  
 4800 can l' almiran l' enten, tot lo sen a mudat:  
 ab pauc no a ab dens l' emperayre mangat.  
 l' almiran auzic Karle que l' a proverbiat:  
 de mal talen que ac a le cor trasuzat.  
 gran colp dona a Karle sus son elme gemat.  
 4805 lo bran dichen a terra per mot rusta fertat;  
 a terra s' es ficatz pus d' un pe mezurat.  
 al relevar que fetz lo bran a pesseyat.  
 can l' almiran o vic, mot n' ac le cor irat:  
 la targua que portava lanset è mieg del prat.  
 4810 L' almiran fo iratz e ples de felonía,  
 can vic s' espaza rota, que pro no li tenia.  
 una misericordia a l' almiran sayzia:  
 el n' aucira ja Karle, si dieus no li n' ahía.  
 ab tan vec vos punhen Richart de Normandia,  
 4815 Rollan et Olivier, que Jesus benesia,  
 et Augier lo Daynes e l'autra baronia.  
 la batalba dels dos an vista ses bauzia.  
 Augier dichen a pe del destrier de Suria,  
 l' almiran abrasat, et Olivier lo lia.  
 4820 ab tan ve us Ferabras qu' en auta votz escria.  
 "almiran, senher payre, mot fazetz gran fulhia,  
 car no vos bateyatz e crezatz ses bauzia  
 èl creator del cel e en la vergis Maria,  
 e que vos acordetz ab Karle lo meu sira."  
 4825 "vay. glotz" dis l' almiran, "Bafomet ti maldia:

- car t' arma es perduda dampnada e poyria.<sup>23</sup>  
can l' enten Ferabras, no pot mudar no ria,  
e respon a som payre "mot etz ples de folia.  
si creziatz Jesu, vos faratz bona via,  
4830 e Karle vos rendria vostra terra c' a pria,  
e Jesus vos penria è la sua eumpanhia."  
Selos fo l' almiran, can Olivier lo lia.  
lo duc Teri d' Ardena sus un mulet lo lia.  
ab x melia Frances Agremonia tenc via.  
4835 e can payas an vist que l' almiran s' en va,  
de totas partz s' enfuio. be fo qui ls encausa:  
entro a l' aura nona lo camp no defina.  
Karle fo Agremonia, que l' almiran pres a.  
pus de cc mil Turcx remano mortz èl pla.  
4840 Frances van ad alberguas, cascus si dezarma.  
l' endema can par l' alba, l' emperayre s leva.  
tota sa baronia paucxs e grans ajusta.  
tot so que an conquist, partic e deviza:  
tot a sa voluntat a cascu ne dona.  
4845 e can tot o ac fayt, un avesque sona,  
et a l dit e mandat c' unas fons li senha,  
que l' almiran, so crey, bateyar si volra.  
tost fo aparelhat, can el o comanda.  
una cuba cumpliro d' aygua tro pro n' i a.  
4850 Karle mandet Balan, et Augier lay ana;  
Rollan et Olivier e Ferabras lay va.  
tan l' an tengut per forsa e' Augier lo despulha.  
l' emperayre li sona, e si li demanda  
si vol creyre Jesus, que tot le mon salva,  
4855 et en la santa vergis pieuzela s' azombra,  
e sofric mort per nos, et ifern pesseya,  
e vezen sos apostols sus èl cel s' en monta.  
e que lo sant baptisme a gardar eomanda.  
e si lo cre aychi, gran profieyt li sera:  
4860 ja de tota sa terra un palmat non perdra.

- l' almiran dis e jura "ja no autreyara:  
 ni per mot ni per vida Bafom no laychara."  
 en despicyt de Jesu en las fons escracha.  
 can Karles o a vist, a pauc no desena.  
 4865 et a trayta Joyoza, contramon la leva.  
 mas Ferabras l' abraza, merce li reclama,  
 que per dieu no l' auciza, qu' enquers l' esayara.  
 Karle tenc en sa ma lo bran d' acier forbit:  
 l' almiran apelet, can hom l' ac desvestit.  
 4870 "si vols grepir Bafom ni creyre Jesu Crist,  
 la terra t rendray tota, don ieu t' ay desazit."  
 Ferabras s' agenolha, si li clamet merci.  
 "per dieu, bel senher payre, ara fallietz ayehi."  
 so a dit l' almiran "e ieu l' autrey ayehi,  
 4875 si las fons m' abelisso, can seran benezi."  
 Karles a mot gran joya, c' a la paraula auzia.  
 d' una clara fontayna la cuba recompli.  
 can las fons son senhadas, lo fo pres de mieg di.  
 l' avesque li demanda belamens, so us afi,  
 4880 si vol laychar diable et creyre Jesu Crist.  
 can l' enten l' almiran, trastotz enegrezi.  
 en despicyt de Jesus en las fons escupi.  
 pueys es salitz totz nutz, l' avesque le sayzi:  
 ja l' neguera en l' aygua, can Augier lo lh toli.  
 4885 enpero l' arsivesque l' almiran te ayehi  
 que per miega la gola le clar sanc en ichi.  
 adourx fo l' emperayre de dol pres de la fi.  
 "Ferabras" dis lo rey, "vos estes mos privatz.  
 l' almiran vostre payre totz nos a vergonhatz."  
 4890 can Ferabras l' enten, totz le sanc li 's mudatz.  
 a Karle quier merce dolens et aburatz.  
 "senher dreytz emperayre, un petit m' escoutatz.  
 sabray si ja mon payre sera crestianatz.  
 e si non o vol fayre, fatz ne so que us vullhatz."  
 4895 Floripar escridet "Karle, que demoratz?

- el es us ver diable: tantost lo deslívratz.  
a mi no cal si mor, mas En Gui mi donatz.”  
“bela” dis Ferabras, “vos avetz tort, si eus platz.  
ja es el nostre payre, e nos a engenratz.  
4900 trop estes felonessa, que pietat no n’ agatz.  
ieu volria aver do mos membres talhatz  
per so qu’ el fos en fons lavatz e bateyatz.”  
donex plura Floripar, e sospirs grans gitatz.  
“senher payre” dis ela, “per que no us bateyatz?”  
4905 car ges no val Bafom ij deniers monedatz.  
mas cel es veray senher qu’ en la crotz fo levatz.  
si ’n luy avetz fizansa, bon gueren vos n’ avratz.”  
“vay” dis el, “putanela; laycha m’ estar en patz.  
ieu no creyray Jesu, qu’ el non a potestatz.  
4910 pasat a v e ans que fo crucificatz.  
mal aia qui l creyra que sia resussitatz.”  
can Ferabras l’ auzic, dolens fo et iratz.  
“a Karle, mon bel senher, faytz ne so que us vulhatz.”  
L’ emperayre de Fransa a Frances apelatz:  
4915 ear el volra aucieure le payre Ferabratz.  
“per fe” so dis Augier, “ieu l’ auray tost matat.”  
et a trayta corran l’ espaza del costat:  
la testa li vay tolre, vezen tot lo barnat.  
e Ferabras sos fils li perdonet de grat.  
4920 Floripar la corteza a Rollan apelat.  
“senber, miey covinen me sion averat.”  
“certas” so dis Rollan, “volontiers e de grat.  
senh’ En Gui de Bergonha, tenet la liautat  
envas esta pieusela, e no lh sia pasat.”  
4925 “volontiers” so dis Gui: “ve us m’ en aparellhat,  
si sol Karles o vol, ni a luy ve a grat.”  
“certas” so respon Karle, “per me non er passat.”  
la pieuzela despuelhan, vezen tot lo barnat,  
et ac sa carn pus blanca no es flor en estat,  
4930 las mamelas petitas e l pel recerclhat.

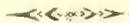
- al miels de nos Frances a lo talan mudat.  
 en las fons e' om avia per l' almiran senhat,  
 donan a Floripar santa crestiantat.  
 Karle la tenc è fons e Teri l' abdurat,  
 4935 e no li an so nom cambiat ni mudat.  
 apres a l' emperayre lo com Gui apelat.  
 "ieu vuelh que vos fasatz so e' avetz afizat."  
 e l com Gui li respon "faray vostre mandat."  
 e fetz la lh' espozar, vezen tot son barnat.  
 4940 Ferabras d' Alichandre a lo rey demandat,  
 e prega li que lh done la mitat del regnat.  
 la corona Balan a lo rey demandat.  
 Ferabras d' Alichandre lah aporta de grat.  
 rey fu Gui de Bergonha: Karle l' a coronat,  
 4945 per conselh Ferabras que li o autreyat.  
 e si n fe Ferabras de tota la mitat.  
 caseus es rey d' Espanha, partiran per meytat.  
 prop la tor d' Agremonia èl ric palaytz listrat,  
 lay son li espozat a gran joya menat.  
 4950 x jorns trastotz entiers a la festa durat.  
 Karle lay a ij mes e iij jorns sojornat,  
 entro ac lo pahis del tot aquitiat.  
 Can Karle l' emperayre ac la terra partida,  
 el mandet Floripar, Floripar la chazida.  
 4955 "bela" so dis le rey, "ieu vos ay coronada,  
 et etz la dieu merci bateyada lavada.  
 al milhor cavayer estes vos espozada,  
 que sia dels nostres ports entro la mar salada.  
 et el e Ferabras si tenran l' encontrada.  
 4960 e dema volray movre per bona 'ndestinada.  
 no m' avetz vos encara la corona mostrada.  
 aportatz las relequias ses lunha demorada."  
 "senhor, mot volontieyra, pus vos platz e us agrada."  
 en la tor d' Agremonia es Floripar intrada.  
 3965 ela vene a la cambra, et a la desfermada,

- e pres l' escrinh d' argent: no s' es pas arestada.  
a l' avesque lo bayla; si l' a el desfermada.  
trastot primierament n' a la corona ostada,  
que dieus ac è son cap can fo l' endestinada  
4970 que l matero Juzicu, la gende no fezada.  
no fon d' aur ni d' argen ni fayta ni obrada:  
d' espinas fo punhens e de jone entrenada.  
als baros la mostret ab mot gran sospirada.  
manta lagrema y ac en aquel jorn gitada:  
4975 cascus s' aginolhet, sa colpa enclinada.  
l' arsivesque Turpi l' a mot gent esprovada.  
tot n aut desus le pali l' a contramont levada,  
e la corona s' es sus l' ayre estancada.  
"certas" dis l' arsivesque, "mot l' ay beu assayada."  
4980 pueys l' a pres l' arsivesque; si l' a jos avalada.  
pus flayret doussament que canela muscada:  
la dousor que n' ichic no pot eser nomnada.  
Enviro la corona fo mot grans lo barnatz.  
l' arsivesque a los clavels de la caycha gitatz;  
4985 aychi cum la corona los a gent esprovatz.  
"senhors" dis l' arsivesque, "per dieu ar escoutatz.  
ve us aychi la corona don dieus fon coronatz,  
e ls clavels atretal ab que fo clavelatz."  
"senher dieus" so dis Karle, "vos ne siaz lauzatz.  
4990 mot deg eser jauzens que cossentit m' ayatz  
qu' ieu aya la corona don vos fotz coronatz,  
e los santes clavels don foretz clavelatz,  
e l ver sante suzari on [vos] fotz envelopatz,  
don sera mon pays trastotz enluminatz."  
4995 L' emperayre de Fransa fetz met fort a lauzar,  
et a fayt una tayla sus dos escanhs levar.  
un ric drap meyro sus, que fo faytz outra mar.  
aqui fe l' emperayre las relequias pauzar.  
dedins sos magers cofres las fetz pueys escerrar.  
5000 Karle demandet aygua a sas mas a lavar.

- apres el e lh baro s' asegro al mangar.  
 costa si fe sezer regina Floripar,  
 de l' altra part rey Gui que l' a preza per par.  
 Ferabras tenc la copa denan Karle lo bar.  
 5005 si Karle fo vestitz, no us o cal demandar.  
 e can venc en apres que levo del dinnar,  
 cascus pres son caval per anar baneyar;  
 e pueys illi s' en repayro, can venc a l' avesprar.  
 e can agro sopat, si s' anero pauzar.  
 5010 l' emperayre s' adorm, can fo anat colcar;  
 et el senhet son cap que dieus lo sal e gar.  
 e somiet un somi que no lh deu agradar,  
 que ad Aycxs la capela se devi' albergar.  
 de la trayta d' Espanha avia auzit parlar,  
 5015 que anes el pays socorrer et aidar  
 sus la gen payana e l rey Guio menar,  
 et un jorn foren mort pus de v c milhar.  
 en sa cort a Paris avia un leonar  
 que li volia sos huelhs fors de son cap gitar.  
 5020 per lo somi si pres Karles a despertar:  
 dami-dieu rey de gloria comenset a lauzar.  
 denant si fe venir Naymes per conselh dar.  
 lo somi li cumtet; tot le fe esmayar.  
 "senher" so dis duc Naymes, "vos iretz osteyar.  
 5025 tornaretz en Espanha, pro lay auretz que far.  
 tal hom avetz noyrit que us cuda galiar.  
 mas ges de trassio no s pot hom ben gardar:  
 dami-dieu vos en gar, que tot a a jutgar."  
 L' emperayre de Fransa s' es levatz bo mati;  
 5030 la messa li cantet l'arsivesque Turpi.  
 pueys comanda que l' ost si meta el cami.  
 doncx auziratz gran noyza menar e gran trahi.  
 l' ost es meza 'n cami, no pren pauza ni fi.  
 cel ver dieus los condua que fetz de l' aygua vi.  
 5035 no n' i a un no dezire de Fransa son cozi.

Karle a d' Agremonia partidas sas cumpanhas.  
Floripar la reyna lo siec per amistad.  
"bela" so dis lo rey, "ara vos, en tornatz."  
"senher" dis Floripar, "si cum vos comandatz."  
5040 dieus sia garda de vos, que en crotz fo levatz."  
e Karle la bayzet, un petit s' es pluratz  
per lo departimen, e vec los vo n' anatz.  
mas Gui ni Ferabras no s' en so pas tornatz:  
entro sus a Martiple los an asolasatz.  
5045 Frances s' en van lotgan encontraval los pratz.  
l' emperayre no s' es e' una nueyt arestatz.  
lo rey Gui es de Karle partitz et ac comiatz:  
al partir de lor dos fo mot gran dol menatz:  
e Ferabras ab lor, lo vassal abduratz.  
5050 mas l' emperayre Karle los a ben coronatz.  
D' En Guio de Bergonha es Karle departis:  
a luy e Ferabras comanda le pays.  
mot los a l' emperayre bayzatz e congauzis,  
e pregua lor que sian e frayres et amis,  
5055 e defendan la terra, et el er lor aydis.  
a dieu los comandet, lo rey de paradis.  
ar s' en vay l' emperayre e mes si pels camis  
ab trastot son barnatge e soudadiers de pris,  
et aquels de Martiple, que eran per garda mis.  
5060 tan van per lor jornadas tro foro a Paris.  
caseus s' en vay avan lay on era noyris,  
e Karle s' en anet al mostier Sant Denis.  
las relequias lor mostra del rey de paradis.  
x avesques lay ac e d' abatz xxxvj  
5065 e iiij arsesques de nobles e gentils.  
lo barnatge lay fo d' Orles tro a Sant Lis.  
Al baro Sant Denis fo fayta l' asemblada:  
aqui fo lo corona partida e lauzada.  
una partida u fo a Sant Denis donada.  
5070 us clavel atretal (so es vertat provada):

a Compienha lo signe a la glicyza onrada.  
 de las santas relequias fo fayta devizada:  
 bel present ne fe Karle per Fransa la lauzada;  
 a la honor de dieu n' es manta glicyza honrada.  
 5075 la festa de Sant Lis fo per ayso trobada.  
 no triguet mas iij ans qu' Espanha fo gastada.  
 lay fo la trassio dels xij pars parlada:  
 Gaynelos ne vendet a la gen desfezada,  
 don pueys fo ab rosis vilmen la carn tirada.  
 5080 lo somi s' averet; mala fos l' encontrada.  
 ja tracher luenh ni pres no deu aver durada.  
 bou es d' aquest romans la fi e l' encontrada  
 èl mieg loc e pertot, qui be l' a escoutada.  
 a dieu nos coman totz. ma canso es finada.













SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01298 8093