

ÖVERSIKT
AV
FINSKA VETENSKAPS-SOCIETETENS
FÖRHANDLINGAR

LXII.

1919—1920.

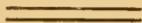
A. MATEMATIK OCH NATURVETENSKAPER.



HELSINGFORS 1921
HELSINGFORS CENTRALTRYCKERI OCH BOKBINDERI AKTIEBOLAG

INNEHÅLL:

1. Biochemische Studien an *Aspergillus niger*, von HANNA LAPPALAINEN. Mit 2 Abbildungen im Text und 3 Tafeln.
2. Experimentelle Untersuchungen über die Gastrulation und das erste Längenwachstum des Embryos bei *Rana esculenta*, von GUNNAR EKMAN. Mit 26 Textfiguren.
3. Redogörelse för fortgången af de astrofotografiska arbetena å observatoriet i Helsingfors under tiden juni 1918 till maj 1919, af ANDERS DONNER.
4. Über einige brasilianische Aulacotrachelinen und Steninen (Col., Staph.), von L. BENICK.
5. Über die Absorptionsspektren einiger Lösungen, von HARALD LUNELUND.
6. Physiologische und experimentell morphologische Studien an beblätterten Lebermoosen. I und II, von HANS BUCH. Mit 2 Tafeln im Text.
7. Über die schlichten Abbildungen des Einheitskreises, von ROLF NEVANLINNA.
8. Om disjunktionselektromotorisk kraft i den galvaniska ljushågen, af A. F. SUNDELL.
9. Musci novi japonici. descripsit V. F. BROTHERUS.
10. Beobachtungen bei Kultur von Flechtengonidien, von HARRY WARÉN. Mit einer Tafel.



181 35

Biochemische Studien an *Aspergillus niger*

Akademische Abhandlung

von

HANNA LAPPALAINEN

Mit 2 Abbildungen im Text und 3 Tafeln.



HELSINGFORS 1919
HELSINGFORS CENTRALTRYCKERI

Herrn Professor

Dr. Fredrik Elfvig,

*meinem hochverehrten Lehrer, dankbar und
ergebenst gewidmet*

Die Verfasserin.

INHALT.

	Seite
<i>Vorwort</i>	1
I. <i>Aspergillus niger als Pilzstärkebildner</i>	4
II. <i>Die Abhängigkeit der Entwicklung von den Kulturgefäßen</i>	16
Einleitung	16
Zur Methode	18
Orientierende Versuche mit	
1) <i>Aspergillus niger</i> β Brenner	21
2) verschiedenen Stämmen von <i>Aspergillus niger</i>	24
3) <i>Aspergillus niger</i> 7 Brenner	26
Versuche mit Kulturgefäßen verschiedenen Materiales	34
III. <i>Versuche, die verschiedene Entwicklung durch chemische Reize aufzuklären</i>	53
IV. <i>Beobachtungen an verschiedenen Stämmen von Aspergillus niger</i>	74
<i>Zusammenfassung</i>	78
<i>Zitierte Literatur</i>	82

Vorwort.

Im Jahre 1891 veröffentlichte C. Wehmer eine eingehende Untersuchung über die Oxalsäureproduktion in den Kulturen gewisser niederer Pilze (I, S. 232).

Aus dieser Abhandlung geht hervor, dass *Aspergillus niger* van Tiegh., den Wehmer hauptsächlich studierte und der uns in diesem Zusammenhang allein interessiert, ein kräftiger Säurebildner ist, dass die in den Kulturen entstehende organische Säure ausschliesslich Oxalsäure ist und dass der Säurebildungsprozess in gewissem Grade durch die Nahrungs- und Temperaturverhältnisse reguliert werden kann.

Die chemische Beschaffenheit der Stickstoffquelle übt dabei einen entscheidenden Einfluss aus. Auf einer Nährlösung, die Ammoniumchlorid oder -sulfat enthält, bildet sich keine Oxalsäure, wohl aber auf Ammoniumnitrat und reichlich z. B. auf Kaliumnitrat. — Eine Ansammlung der Säure tritt nur ein, wenn basische Valenzen, welche die gebildete Säure zu binden vermögen, in der Kulturflüssigkeit frei werden, wie es beispielsweise bei Zusatz von Calciumkarbonat zur Nährlösung der Fall ist.

Ein bedeutungsvoller Faktor stellt sich auch in der Temperatur dar. Beim Optimalpunkt, ca. 35°, wird nämlich

von der gleichen Quantität Pilzsubstanz weniger Oxalsäure erzeugt als bei niedrigerer, z. B. gewöhnlicher Zimmertemperatur.

Einige Jahre, nachdem Wehmer seine vorerwähnte Arbeit hatte erscheinen lassen, unterzog Professor Fr. Elfving die Frage nach der Entstehung der Oxalsäure und ihrer Bedeutung für *Aspergillus niger* einer Nachprüfung.

Dabei beobachtete er, dass, wenn die Nährlösung in lebensfähigen Kulturen durch sterilisierte Dextroselösung ersetzt wurde, in derselben eine intensive Bildung und Ansammlung von — während der nächstfolgenden Tage beständig zunehmenden Mengen — Oxalsäure begann, die dann von dem Pilz konsumiert wurde.

Professor Elfving erlaubte es damals seine Zeit nicht, diese Untersuchung zu Ende zu führen. Im Frühjahr 1912 schlug er mir vor, dieselbe als seine Privatassistentin fortzusetzen.

Während der Arbeit führten verschiedene Umstände Professor Elfving zu der Annahme, dass *Aspergillus niger* unter den betreffenden Kulturbedingungen ausser Oxalsäure auch andere organische Säuren hervorbrachte, unter anderem aller Wahrscheinlichkeit nach Citronensäure, deren Vorkommen in den Kulturen von *Citromyces Pfefferianus* und *Citromyces glaber*, zwei unserem Pilz nahestehenden Schimmelpilzen, schon vorher, 1893, von Wehmer (III) nachgewiesen worden war. Es gelang mir auch da nachzuweisen, dass *Aspergillus niger* in gewissen Fällen wirklich wenigstens Citronensäure neben Oxalsäure gebildet hatte.

Ueber die bis zu diesem Punkt fortgeschrittene Untersuchung hat Professor Elfving in einer Abhandlung vom Jahre 1919 (I) Bericht erstattet.

Mit dem eben erwähnten Auftrag beschäftigt, machte ich im Oktober 1912 die Beobachtung, dass die Kulturflüssigkeit mit Jod intensiv blau gefärbt wurde. Diese Feststellung gab

den Anlass zu einer Reihe von teils mikro- teils makrochemischen Studien, die gleichzeitig mit den vorstehend angedeuteten Versuchen ausgeführt und im Februar 1914 unter dem Titel: »*Aspergillus niger* såsom alstrare af svampstärkelse» (*Aspergillus niger* als Pilzstärkebildner) zusammengestellt wurden. Da mich Professor Elfving aufforderte, die Arbeit zu erweitern, wurde sie damals nicht veröffentlicht.

Indes bekam ich erst 1916 Gelegenheit, die Untersuchung fortzusetzen, welche ursprünglich darauf ausging,

1) die Pilzstärke zu isolieren und ihre chemische Konstitution zu ermitteln:

2) nach Möglichkeit festzustellen, welche Substanz oder welche Substanzen in der Nährlösung und in der darauf erzeugten Pilzsubstanz das Ausgangsmaterial zur Bildung a) der Pilzstärke, b) der Oxalsäure und c) der Citronensäure darstellten, jener drei Stoffwechselprodukte, die bald so auffallend reichlich, bald gar nicht erzeugt wurden und deren Entstehung und biologische Bedeutung nach wie vor sehr rätselhaft waren.

Was die erste Frage anbelangt, habe ich mich ihrer Aufhellung jetzt nur in beschränkterem Masse widmen können. Vorläufig kann ich aber doch schon mitteilen, dass es mir gelungen ist, Pilzstärke zu isolieren, d. h. einen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden, weissen, amorphen Körper mit tief indigoblauer Jodreaktion in einer Menge bis 10—12 % lufttrockner Mycelsubstanz und dass ich zurzeit mit der Konstitutionsbestimmung dieses Stoffes beschäftigt bin.

Die Beantwortung der zweiten Frage ist vollständig unmöglich, ohne dass die Umstände in Betracht gezogen werden, über welche sich die vorliegende Abhandlung verbreitet.

Hier wird dargelegt, dass ein, bisher fast gar nicht beachteter Umstand, nämlich die chemische Zusammensetzung der Kulturgefässe durchgreifende Veränderungen im äusseren Zustand und den chemischen Reaktionen der Kulturen hervorbringen kann.

Da die Feststellung des Vorhandenseins oder Fehlens der Pilzstärke in den Kulturen einen hervorragenden Platz in

der folgenden Darstellung einnimmt, werde ich, bevor ich zur Behandlung meines eigentlichen Themas schreite, kurz die Arbeiten referieren, die über die Pilzstärke bei *Aspergillus* veröffentlicht worden sind, und die Wahrnehmungen, die ich des weiteren gemacht habe, zur Sprache bringen, sofern sie die früheren Angaben in der Literatur entweder kompletieren oder von ihnen abweichen.

I.

Aspergillus niger als Pilzstärkebildner.

Zuerst ist Pilzstärke bei *Aspergillus niger* von C. T a n r e t beobachtet worden, der 1897 aus den Kulturen diese Substanz isolierte, die er im Hinblick auf ihre Jodreaktion, welche der der Stärke ähnlich ist, als A m i d o n bezeichnete. Er legte dar, dass die Bildung der fraglichen Substanz nur in sauren Nährlösungen stattfand, dass sie in kochendem Wasser »löslich« war und bei 35—40° in den Fällen von *Aspergillus niger* produziert wurde, wo die Konidienbildung durch reichlichen Zusatz von Ammoniumnitrat, -chlorid oder -sulfat zu R a u l i n s Lösung verhindert worden war. Nach Tanrets Ansicht findet sich das Amidon entweder in den Hyphenmembranen ein- oder ihnen angelagert. Seine Bildung ist bedingt durch die Einwirkung der aus dem Ammoniumsalz freigewordenen Mineralsäure auf den Pilz.

Dass die Mycelien von *Aspergillus*-Arten bisweilen blau—violette Jodreaktion geben, ist wenigstens 1913 Wehmer bekannt gewesen. Darüber geben uns zwei Abhandlungen von ihm (II, IV) Bescheid. In der zweiten von ihnen teilt er mit, dass das Mycel von *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium variable* und mehreren anderen Pilzen in stark saurer Nährlösung hin und wieder pathologisch verändert wird, sodass, während es unter die Flüssigkeit sinkt, darin zugleich eigenlümliche, durch unerhört intensives Wachstum charakterisierte, farblose »Riesenzellen« entstehen, von denen ein erheblicher Teil schon mit Jodalkohol eine direkte »Stärke-

reaktion» geben, mit Chlorzinkjod sämtlich sogleich violett, mit Jod plus Schwefelsäure indigoblau werden. Teile normaler Decken färben sich mit den Jodreagentien nur braungelb. Dass die Kulturflüssigkeit in vielen Fällen und auch über der Flüssigkeit befindliches Mycel von normalem Aussehen bei *Aspergillus niger* diese Reaktion geben, scheint ihm dagegen entgangen zu sein.

Weiter wird in einem Aufsatz von D o x und N e i d i g im Vorbeigehen das Vorkommen von Spuren eines mit Jod blau reagierenden Stoffes bei *Aspergillus* und *Penicillium* erwähnt.

Mehr Aufmerksamkeit als die genannten Autoren hat B o a s (I, II, III) 1916—18 der Pilzstärkebildung bei *Aspergillus niger* gewidmet. Er hat die Entstehung dieser Stärke auf 16 kohlenstoffhaltigen Substanzen verschiedener chemischer Gruppen, nämlich Zuckerarten, Alkohole und organischer Säuren, konstatiert. Die von ihm gewonnenen Stärkemengen sind jedoch so unbedeutend gewesen, dass er bisher weder eine Analyse des Stoffes ausführen noch exakte Angaben über die Mengen, in der er produziert worden ist, machen konnte. Auf kolorimetrischem Wege hat er gleichwohl in einer Nährlösung von Dextrose-Ammoniumnitrat ca. 0.02—0.08 % gefunden (vgl. oben S. 3). Bei der blau-violetten Jodreaktion des Stoffes wie auch bei seiner Eigenschaft, durch Kochen mit verdünnten Säuren oder durch Behandlung mit Diastase hydrolysiert zu werden, betrachtet er ihn als eine der Stärke ausserordentlich nahestehende Substanz.

Die Bildung von Pilzstärke geht nach Boas bei Anwesenheit von freien Mineralsäuren in geringer oder von organischen Säuren in hoher Konzentration unter dem Einfluss eines Enzyms vor sich. Das ausschlaggebende Moment für die Bildung der jodpositiven Substanz durch Schimmelpilze sei demnach die Konzentration der Wasserstoffionen der verwendeten Nährlösung. Diese »Pilzstärke«, sagt Boas weiter, findet sich in der Nährlösung in Lösung. Weder durch Zentrifugieren noch durch Filtrieren ist sie davon zu entfernen. Sie wird an den Wänden der Pilzzellen von aussen

her als kristallinische (?) Inkrustation niedergeschlagen (vgl. S. 9).

In der letzten, 1918 herausgegebenen Abhandlung spricht Boas seine Verwunderung darüber aus, dass die Pilzstärkebildung, ein so weit verbreiteter und ziemlich leicht nachzuweisender Vorgang, der tief in den Stoffwechsel eingreife, trotz zahlreicher Untersuchungen bis jetzt stets übersehen worden sei, obwohl er gerade bei der Frage nach der Bildung des Eiweisses bei Pilzen eine nicht zu unterschätzende Rolle spiele. Nach Boas' Ansicht ist es nun, wo durch die Auffindung der Bildung löslicher Stärke ein neuer Gesichtspunkt in die Physiologie der Pilze kommt, angezeigt, die ganze Eiweissfrage erneut einer kritischen Nachprüfung zu unterziehen. Dies hat er auch getan, und dabei ist er zu dem Schluss gekommen, dass das Resultat vieler zwecks Aufklärung der Eiweissfrage bisher unternommener Untersuchungen schon darum, weil der ausschliesslich unter dem Einfluss freier Säure vor sich gehende Prozess, der zur Pilzstärkebildung führe, nicht in Betracht gezogen worden sei, unsicher, wenn nicht ganz unbrauchbar für theoretische Zwecke bleiben müsse. — Wenn die Versuchsbedingungen sehr verschieden sind, seien auch z. B. die Erntegewichte, die bei derartigen Berechnungen eine überaus hervortretende Rolle spielen, nicht vergleichbar.

Dass hierin eine tiefe Wahrheit liegt, wird im zweiten Abschnitt der vorliegenden Abhandlung veranschaulicht werden durch die verschiedene Art, wie einundderselbe Organismus, *Aspergillus niger*, unter, wie es im Anfang schien, völlig identischen Kulturbedingungen einunddieselbe Nahrung assimiliert hat.

Die Erfahrungen, über die unten zunächst berichtet wird, gehen in die Zeit vom Oktober 1912 bis zum Februar 1914 zurück. Die Untersuchung wurde der Hauptsache nach und die Beobachtung über das Vorkommen der Pilzstärke durchaus unabhängig von der Abhandlung Tanret's gemacht, von der ich erst im Verlauf der Arbeit Kenntnis erhielt, und zwar

konnte ich in allem Wesentlichen die Richtigkeit seiner Angaben konstatieren.

In diesem ersten Teil der Untersuchung wurde hauptsächlich die Frage nach dem Auftreten und Verschwinden der Pilzstärke in den Kulturflüssigkeiten sowie ihre Lokalisation in den Hyphen berücksichtigt, soweit sich dies mittels Jodreagentien mikro- oder makrochemisch tun liess. Experimentiert wurde von mir, wie früher von Tanret und später von Boas, mit einer Menge verschiedener kohlenstoffhaltiger Substanzen; da aber diese Versuche nichts Neues von Interesse zu dem, was die beiden Forscher veröffentlicht haben, darbieten, übergehe ich sie hier und beschränke mich auf einen Bericht über meine Versuche mit Dextrose.

Ich habe mit dem Stamm von *Aspergillus niger* gearbeitet, den W. Brenner mit β bezeichnet hat. Die Grundnährlösung enthielt auf einen Liter destillierten Wassers 1.25 gr $MgSO_4$ krist., 2.5 gr KH_2PO_4 krist., 5 gr NH_4NO_3 und 50 gr Dextrose (Kahlbaums »gereinigte«). Der Pilz wurde in Erlenmeyerkolben zu 300 cm³ gezüchtet; die Nährlösung betrug 50 cm³. Die Aussaat geschah mittels Sporenemulsion nach der Vorschrift Elfving's (II, S. 31). Davon wurden zu jeder Kultur 5 cm³ verwendet. Dieselben hatten sich immer, wo nicht anders angegeben, in einer dunkeln Warmkammer bei 35° entwickelt, teils in einem Thermostaten mit kleineren Abteilungen, worin Temperaturen von 19—43° herrschten, teils bei Zimmertemperatur in diffusum Licht.

Als Reagens für die Pilzstärke kam bei den makroskopischen Untersuchungen eine ca. N/50 Jodjodkaliumlösung zur Anwendung. Bei den mikroskopischen Studien benutzte ich meistens Meyers (I) Jodchloral. Chlorzinkjod gebrauchte ich in gewissen Fällen mit Vorteil.

Zur Orientierung über das Auftreten der Pilzstärke sei zuerst ein einfacher Kulturversuch beschrieben.

Ich säe Konidien in 50 cm³ Nährlösung aus und lasse sich dieselben bei 35° im Dunkeln entwickeln. Innerhalb der

ersten 24 Stunden bildet sich schon eine in der Regel zusammenhängende, dünne Myceldecke. Zu diesem Zeitpunkt zeigt weder das Mycel noch die Flüssigkeit Pilzstärkereaktion. Während der zweiten 24 Stunden gibt das erstere, welches unterdessen erheblich an Dicke zugenommen hat, mit Jod eine intensive Blaufärbung. Nicht so die Flüssigkeit. Während des dritten und vierten Tages, wo das Mycel seine maximale Entwicklung erreicht hat, gibt sowohl dieses als die Flüssigkeit mit Jodlösung eine starke, tiefblaue Reaktion. Während des vierten Tages, d. h. wenigstens gegen das Ende desselben und etwas später wird die Reaktion der Flüssigkeit zuerst blauviolett, dann rotviolett bis rötlich, um während des 5.—6. Tages ganz aufzuhören. Das Mycel gibt da noch, wie auch einige Zeit später, eine blauviolette Reaktion.

Was während dieser Veränderungen im Mycel eintritt, davon gewährt uns die mikroskopische Untersuchung eine Vorstellung.

Eine reife, ruhende Konidie lässt, in Wasser unter dem Mikroskop betrachtet, eine hellere zentrale Partie und eine dicke dunkelviolett-braune Wand erkennen. Bei der Keimung schwillt die Konidie stark an, und da zeigt es sich, dass ihre Wand aus zwei Schichten, einem inneren dehnbaren Endosporium und einem Exosporium besteht, welches letzteres infolge des Druckes von innen zersprengt worden ist, sodass es sich wie kleine dunkelviolette Punkte darstellt. Hier haben wir es vermutlich mit *Linosiers* (I) *Aspergillin* zu tun, mit dem Stoffe, der den Konidien ihre dunkle Farbe gibt. Die Spore entsendet dann einen kurzen Keimschlauch, der sich bald zu einer Hyphe auswächst. Diese ist anfangs entweder vollständig homogen, farblos oder blauschimmernd, oder mit grösseren und kleineren Körnchen gefüllt.

In diesem Stadium gibt der Pilz keine Stärkereaktion mit Jod. Wenn die Kulturen zwei Tage alt sind, gibt eine grosse Menge von Hypphen diese Reaktion, d. h. ihre Membran wird mit Jodjodkalium blau. In Chlorzinkjod, das wenigstens an einigen Stellen eine Anschwellung — ohne Blaufärbung — der äussersten Membranschichten verursacht, färben sich die

innersten Schichten. Auch der Zellinhalt zeigt oft eine bläuliche Färbung, und an plasmolysierten Stellen, wo die Wand ungefärbt ist, sieht man, dass dieselbe von kleinen Körnchen oder strichförmigen Bildungen in der äussersten Schicht des Protoplasmasackes herrührt.

Es hat also den Anschein, als ob das Material für die Zellwand oder als ob die Pilzstärke in dem Protoplasma fertig oder so gut wie fertig vorhanden wäre.

Auf der ebenerwähnten Altersstufe gibt die Nährlösung keine Reaktion mit Jod. Eine solche tritt etwas später ein, und da sehen die Hyphen aus, wie es Abbildung 1 zeigt. Die äusserste Schicht der Wand ist stark blaugefärbt und scheint aus lauter feinen Körnern zu bestehen; sie ist gleichsam zerbröckelt. Nicht selten hat man den Eindruck, als sei diese Schicht während des Längenwachstums der Zelle geborsten. An manchen Stellen erkennt man, dass die Körner sich loslösen und in die Flüssigkeit gelangen, wo sie suspendiert bleiben: daher die blaue Farbenreaktion der Nährlösung.

Auf einem späteren Stadium, wo nicht mehr die Flüssigkeit, wohl aber das Mycel eine Reaktion mit Jod gibt, zeigen die innersten Wandschichten der älteren Hyphen deutlich blaue oder violette Färbung.

Wie hieraus ersichtlich wird, dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass die fragliche Substanz in der Zelle selbst gebildet wird und dass Tanret völlig berechtigt war, sie als eine Membransubstanz zu bezeichnen.

Dass sich die Pilzstärke in Lösung in der Kulturflüssigkeit befände und aus dieser in Form von stark blaureagierenden Inkrustationen an die Zellwände niedergeschla-



Abbildung 1.
Mikrophotogr. 1000 mal
vergrössert.

gen werde (Boas), ist mithin nicht denkbar.

Nach L i n t n e r bildet sich bei der Hydrolyse der Stärke 1) A m y l o d e x t r i n, welches in kaltem Wasser sehr schwerlöslich ist und tiefblaue Jodreaktion gibt, 2) E r y t h r o d e x t r i n, leichtlöslich mit rötlicher Reaktion, 3) A k r o d e x t r i n, leichtlöslich ohne Jodreaktion, 4) I s o m a l t o s e und 5) M a l t o s e. Die sukzessiven Jodreaktionen: tiefblau, violett, rot und farblos, die man erhält, wenn die saure, Pilzstärke enthaltende Kulturflüssigkeit gekocht wird, — und die gleiche Farbenskala wies auch die Nährflüssigkeit in dem oben geschilderten Versuch auf, — erinnert ja schlagend an diese bei Hydrolyse der Stärke gebildeter Dextrine.

Dass die Stoffe die mit Jod reagieren, in der Kulturflüssigkeit, wenigstens teilweise in fester F o r m vorhanden sind, ging schon aus der mikroskopischen Untersuchung hervor, und es kann weiter dadurch nachgewiesen werden, dass man die Flüssigkeit, welche eine kräftige indigoblaue Reaktion gibt, eine Zeitlang stehen lässt, wobei sich die Reaktion nicht verändert, und sie dann am liebsten durch doppelte Filter filtriert: das Filtrat gibt hier nur violette oder gar keine Reaktion, vermutlich darum, weil die feinen Partikelchen zusammengeklebt und auf dem Filter zurückgeblieben sind. Noch leichter kann man durch Filtrieren die blaureagierenden Körperchen nach der Fällung mit geringen Mengen verdünnter Jodjodkaliumlösung entfernen. Die Pilzstärke durch Zentrifugieren von der Flüssigkeit abzuschneiden, ist ebenfalls sehr leicht. Alles dies gilt nur von Flüssigkeiten, welche Kulturen angehören, in denen die Pilzstärkeabsonderung sehr intensiv ist und die in der Flüssigkeit suspendierten Partikelchen noch nicht in erwähnenswertem Grad hydrolysiert worden sind, sondern sich in der Form darin befinden, die die starke indigoblaue Jodreaktion gibt. — Dass es Boas nicht gelungen ist, die Pilzstärke sei es durch Zentrifugieren oder durch Filtrieren von der Flüssigkeit abzuschneiden, beruht wahrscheinlich darauf, dass die relativ kleinen Mengen, die sich davon in seinen Kulturen gebildet hatten, infolge des zwecks Beförderung der

Stärkebildung zur Nährlösung zugesetzten »Aktivators« d. h. der freien Mineralsäure, fast unmittelbar hydrolysiert waren.

Da die Nährflüssigkeit, die ursprünglich Pilzstärke enthält, schliesslich mit Jod keine Reaktion mehr gibt — welches der gewöhnlichste Fall ist — so besagt dies, dass die Stärke vollständig hydrolysiert oder verzehrt worden ist. Es kann aber auch geschehen, dass die blaue Reaktion verschwindet, die darauffolgende violettrote aber bestehen bleibt; ein Zeichen, dass die Stärke nur teilweise abgebaut ist. So verhält es sich z. B. mit Kulturen in 1 % Ammoniumnitrat + 10 % Saccharose. Ein anderes Beispiel mit Kulturen bei höherer Temperatur wird weiter unten Erwähnung finden. Es kann sogar vorkommen, dass der Pilz die in der Nährflüssigkeit vorhandene Pilzstärke nicht anzugreifen vermag. Dies ist mit Kulturen in 5 % Dextrose + 1 % Ammoniumnitrat der Fall; hier gibt die Kulturflüssigkeit unbegrenzt lange eine blaue Reaktion.

Die Bildung von Pilzstärke ist begreiflicherweise von der Temperatur abhängig, am reichlichsten ist sie bei ca. 36°. In Kulturen, die sich bei 40—43°, der höchsten von mir angewandten Temperatur, entwickelt haben, reagiert sowohl die Flüssigkeit als das Mycel deutlich für Pilzstärke, doch erhält man in der Flüssigkeit nur kurze Zeit eine tiefblaue Reaktion, danach unbegrenzt lange eine blauviolette Färbung. Wird eine bei 35° gewachsene 2 ½ Tage alte Pilzkultur, in der die Pilzstärke ihr Maximum erreicht hat, in 20° übertragen, so verschwindet die Stärke sowohl in der Flüssigkeit als auch im Mycel früher als in einer Parallelkultur, die bei 35° gehalten wird. Wird dagegen eine solche in 42° überführt, so gibt das Mycel unbegrenzt lange eine Pilzstärkereaktion, während die Reaktion der Flüssigkeit fast unmittelbar von blau in blauviolett und rötlich übergeht, und diese behauptet sich darn sehr lange unverändert.

Hieraus scheint hervorzugehen, dass die Pilzstärke bei 20° konsumiert, aber nicht produziert und dass sie bei 42° nicht konsumiert wird.

Die Bildung von Pilzstärke hängt mit der allgemeinen Entwicklung des Pilzes zusammen und setzt wie diese die Anwesenheit von freiem Sauerstoff voraus. Zur Beleuchtung dieses Verhaltens sei eine Versuchsserie angeführt, bei der in normaler Ammoniumnitratlösung eine Anzahl Kulturen bei 35° zur Anwendung kamen. Die einen Flaschen (A) waren mit gewöhnlichen Wattebauschen versehen, andere (B) waren mit paraffinierten Korkstöpseln verschlossen. Nach 24 Stunden war in der Entwicklung kein Unterschied zwischen den beiden Kategorien zu bemerken; in keiner von beiden fand sich Pilzstärke. Dann blieb die Entwicklung in B deutlich zurück und hörte auf. Am dritten Tag gab A wie gewöhnlich sowohl im Mycel wie in der Flüssigkeit deutliche Pilzstärkereaktion, B dagegen nicht. Am fünften Tag wurden in einigen B-Kulturen die Korke durch Wattepfropfen ersetzt, und zwei Tage später war das Wachstum wieder in vollem Gang, woneben eine deutliche Pilzstärkereaktion von ungefähr derselben Stärke wie in den 3 Tage alten A-Kulturen eintrat. In einer anderen, fünf Tage alten B-Kultur, die mit Wattepfropfen versehen in 41° gestellt wurde, ergab sich schon nach 10 Stunden eine rein blaue Reaktion, allerdings in einer etwas schwächeren Nuance und in Violett übergehend.

Ein Faktor, der in hohem Grade auf die Bildung der Pilzstärke einwirkt, ist die Beschaffenheit der C- und N-haltigen Nahrung. Unter den am häufigsten von mir verwendeten Kohlenstoffquellen sind am vorteilhaftesten Dextrose und besonders Saccharose. Von der ersteren benutzte ich sehr wechselnde Quantitäten von 3—25 %. Mit der letzteren wurden Versuche angestellt, bei denen 3—5—10 % zur Anwendung kamen.

Der Prozentgehalt der Nährsubstanz ist nicht ohne Bedeutung. Die blaue Färbung z. B., welche bei dem Gebrauch von 3 % Dextrose erhalten wird, ist schwächer und die ganze Reaktion geht schneller vorüber, als wenn 5 % genommen wird, eine deutliche Folge davon, dass beim Vorhandensein von weniger Nahrung Pilzstärke zuerst in geringerer Menge gebildet und dann schneller verzehrt wird.

Was die N-Quelle betrifft, sind vor allen anderen von mir angewendeten Verbindungen Ammoniumsalze von unorganischen Säuren geeignet, Pilzstärkebildung hervorzurufen.

Inbezug auf Ammoniumsalze von organischen Säuren konnte ich konstatieren, dass in Kulturen mit Dextrose (3—5—10 %) als Kohlenstoffquelle und dem Ammoniumsalz (0.5 %) von Oxalsäure, Weinsäure und Citronensäure Pilzstärke gebildet wurde. Eine Reaktion wurde bei der Prüfung des Mycels wie der Flüssigkeit erhalten, sie war aber entschieden schwächer als bei den unorganischen Salzen.

Die kohlenstoff- und die stickstoffhaltigen Nährsubstanzen müssen in einem bestimmten, geeigneten Verhältnis vorhanden sein, damit eine reichliche Pilzstärkebildung zustande kommt. In der in Betracht kommenden Grundnährlösung, welche reichlich Pilzstärke ergibt, ist das Verhältnis zwischen Dextrose (5 %) und Ammoniumsalz (0.5 %) 10 : 1. Verringert man die Dextrosemenge auf 3 %, so erhält man Pilzstärke, vermehrt man aber den Dextrosegehalt auf 10 % bei gleichbleibender Menge Ammoniumsalz, so wird die Pilzstärkebildung fast vollständig herabgedrückt. Dasselbe geschieht bei Anwendung von ungefähr 25 % Dextrose und 1 % Ammoniumnitrat. Wird also reichlich Pilzstärkebildung gewünscht, so darf das Ammoniumsalz im Verhältnis zum Zucker nicht in zu kleiner Menge vorhanden sein. In wie verwickelter Weise der Prozess in der Tat von der Menge Ammoniumsalz und Zucker abhängig ist, ersieht man aus der folgenden kleinen Tabelle, welche erkennen lässt, in welchem Umfang in einer Nährflüssigkeit, die ursprünglich 1 % Ammoniumnitrat und verschiedene Mengen Dextrose enthielt, Pilzstärke zu finden war (+) oder nicht (—).

Tabelle 1.

Dextrose %	T a g e.					
	2.	3.	4.	5.	8.	12.
3	+	+	+	+	—	—
5	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+
15	+	+	+	+	—	—
20	+	+	—	—	—	—

unbegrenzt lange

In den Kulturen mit 5 % Dextrose vermochte der Pilz, wie bereits erwähnt wurde, die Pilzstärke der Flüssigkeit nicht auszunutzen. Dies kann wohl nur so erklärt werden, dass er unter diesen speziellen Lebensbedingungen weder das Enzym oder die Enzyme noch freie Säuren produzierte, die für die Hydrolyse der Pilzstärke erforderlich sind. Diese Versuchsserie zeigt auch, dass das Verschwinden der Pilzstärke in der Flüssigkeit nicht darauf beruht, dass der Zucker zu Ende gegangen war, denn zufrühest verschwand sie, als am meisten Zucker vorhanden war. Aus dem Aufhören der Reaktion darf man nur schliessen, dass die Pilzstärke hydrolysiert worden war. In manchen Fällen, namentlich, wenn der Vorrat an Dextrose erschöpft ist, kann man mit gutem Grunde annehmen, dass auch das Produkt der Hydrolyse verzehrt worden ist; wenn sich reichlich Dextrose vorfindet, ist dies aber kaum der Fall.

Eine von Tanret hervorgehobene, von Boas voll und ganz bestätigte Tatsache ist, dass zwischen der Intensität in der Bildung von Konidien und von Pilzstärke ein ganz ausgesprochener Zusammenhang besteht. Je reichlicher die eine, desto schwächer die andere. Auch mir ist es in der Tat oftmals vorgekommen, als ob die Nahrung, die in dem einen Fall zur Konidienbildung verwandt worden ist, in dem anderen zur Produktion der Membransubstanz gebraucht worden sei und umgekehrt.

Indes machen meine späteren Untersuchungen (vgl. z. B. S. 77) ersichtlich, dass in gewissen Fällen trotz einer sehr ausgiebigen Konidienbildung eine ausserordentlich inten-

sive Pilzstärkebildung in der Flüssigkeit erhalten wird, während dieselbe in konidienarmen Nährflüssigkeiten schwach ist oder vermisst wird. Eine Regel, die nach meinen Beobachtungen keine Ausnahme erleidet, ist, dass die Pilzstärke-reaktion in der Flüssigkeit ausschliesslich an Kulturen gebunden ist, in denen sich eine Myceldecke von einer gewissen Beständigkeit entwickelt hat. Je dicker und je höckerig-welliger und zusammenhängender sie ist, eine desto kräftigere Reaktion gibt die Kulturflüssigkeit. Ist das Mycel dünn und glatt, weich, schlaff und auf der Unterseite schleimig, so erhält man nie eine Reaktion auf Pilzstärke in der Flüssigkeit.

Wie ich weiter unten (S. 77) dartun werde, besitzen verschiedene Stämme von *Aspergillus niger* eine verschieden starke Neigung zur Bildung von Pilzstärke.

Wehmer (IV) betrachtet die mit Jod blau—violett reagierende Substanz in den Pilzkulturen als ein pathologisches Produkt und ihr Auftreten in den Zellwänden als ein Zeichen, dass die betreffenden Hyphen zum Untergang verurteilt seien, weil er nie eine Weiterentwicklung von Kulturen beobachten konnte, in denen derartige Zellen in grösserer Menge entstanden waren.

Mir erscheint die Sache in einem ganz anderen Licht, zumal nachdem ich das Vorkommen der Pilzstärke in Kulturen konstatiert habe, in denen sämtliche Lebensäusserungen sehr intensiv vor sich gehen.

Bei der mangelhaften Kenntnis, die die Wissenschaft noch über diesen Stoff, seine Entstehung und Verbreitung besitzt, ist es jedoch nicht tunlich, sich über seine Rolle im Stoffwechselprozess des Pilzes mit Bestimmtheit auszusprechen.

Gleichwohl dürfte man berechtigt sein, auf Grund dieser Untersuchung anzunehmen, dass ein gewisser physiologischer Parallelismus zwischen den Eiweisstoffen und den Membranstoffen des *Aspergillus* besteht. Es ist bekannt, dass die lebende Mycelzelle von *Aspergillus* die in ihr befindlichen Eiweisstoffe verzehrt, wenn sie keine oder ungenügende Nahrung in der Kulturflüssigkeit zur Verfügung hat, ebenso,

dass dabei N-haltige Zersetzungsprodukte unbekannter Natur ausgeschieden werden und dass schliesslich auch diese vom Pilze ausgenutzt werden. Durch diese Untersuchung erfahren wir jetzt, dass auch ein Membranstoff wie die Pilzstärke, welche zwar nicht zu den obligaten Bestandteilen der Zelle gehört, aber unter gewissen Umständen, deren Präzision oben versucht wurde, recht reichlich gebildet wird, wieder aufgelöst und offenbar zur Nahrung verwendet wird, etwa wie die in vielen Samen aufgespeicherte Zellulose.

II.

Die Abhängigkeit der Entwicklung von den Kulturgefässen.

Einleitung.

Wie im Vorwort (S. 3) erwähnt wurde, begann ich vor drei Jahren eine physiologisch-chemische Untersuchung zu dem Zweck, die Entstehung der Pilzstärke, der Oxal- und Citronensäure in Kulturen von *Aspergillus niger* aufzuhellen. Um dieses Ziel zu erreichen, beabsichtigte ich folgendermassen zuwege zu gehen.

Zuerst galt es, die Zusammensetzung der Nährlösung genau festzustellen. Nachdem der Pilz einige Zeit auf derselben gewachsen war, sollte sie nebst der darauf erzeugten Pilzsubstanz analysiert werden. Dies war mit Kulturen von verschiedenem Alter zu wiederholen. Ebenso musste das produzierte CO_2 bestimmt werden. Durch eine Zusammenstellung der so gewonnenen Fakta hoffte ich einen Einblick in die physiologischen Prozesse erhalten zu können, welche zur Bildung der in Rede stehenden Stoffe führen.

Zur Ausführung dieser Untersuchung waren recht bedeutende Mengen Pilzsubstanz erforderlich, dies umso mehr, als auch eine brauchbare Analysierunsmethode ausgearbeitet werden musste.

Nach der Schnelligkeit zu urteilen, womit *Aspergillus niger* β Brenner sich bei meinen ersten Arbeiten entwickelt hatte, nahm ich an, dass sich das nötige Material ohne Schwierigkeit im Lauf einiger Wochen werde einsammeln lassen. Dies war jedoch nicht der Fall. Die Kulturen entwickelten sich so ungleichmässig, dass es nicht möglich war, sie bei der Untersuchung des einen oder des anderen physiologischen Prozesses anzuwenden. Ich sah mich daher nach und nach gezwungen, meinen ursprünglichen Arbeitsplan aufzugeben, um stattdessen jene eigentümliche Erscheinung aufzuhellen zu suchen, die in der mir zugänglichen Literatur über *Aspergillus niger* nichts Entsprechendes hat, aber unter dem Namen »oligodynamische Erscheinungen« bei der Züchtung von *Spirogyra* von N ä g e l i studiert worden ist.

Dieser Forscher hatte beobachtet, dass die Fäden der genannten Alge binnen kurzem, 1—4 Minuten, in destilliertem und Leitungswasser abgetötet wurden, aber in Quellwasser ganz ebenso lebten und gediehen wie in den Wasseransammlungen, woraus sie entnommen waren. Wenn er jedoch Quellwasser in denselben Gefässen verwendete, in denen sich vorher destilliertes Wasser befunden hatte und die mit der Bürste gereinigt waren, zeigte es sich, dass die *Spirogyra*-Fäden auch da getötet wurden. Kochte er dagegen die Gefässe mit Wasser oder mit *HCl*, so blieben die Pflanzen unbeschädigt. Als Nägeli die verschiedenen Arten von Wasser untersuchte, die er benutzt hatte, kam er zu der Erkenntnis, dass sowohl das destillierte wie das Leitungswasser kleine Spuren von Kupfer enthielt, dass dagegen das Quellwasser kupferfrei war. Der äusserst geringe Kupfergehalt des Wassers war in erster Linie ausreichend, die *Spirogyra*-Zellen zu töten und zweitens an der inneren Wandfläche des Kulturgefässes einen Belag zu bilden, der so schwerlöslich war, dass er nicht durch Waschen, wohl aber durch Kochen entfernt werden konnte. Aus diesem Belag gingen die Kupfermoleküle in das kupferfreie Wasser über und übten ihre giftige Wirkung auf die *Spirogyra*-Zellen aus.

Diese giftige »Nachwirkung« dauerte so lange an, als überhaupt Kupfer an der Gefässwand zu finden war, wurde

aber in demselben Grade abgeschwächt, wie das kupferhaltige Wasser durch Wasser ersetzt wurde, dem die »oligodynamische« Eigenschaft fehlte.

Nach langem Herumtasten und vielen erfolglosen Versuchen fand auch ich schliesslich, dass die heterogene Entwicklung von *Aspergillus niger* in meinen Kulturen durch kleine Mengen fremder, aus den Kulturgefässen stammender Substanzen verursacht wurde. — Nachdem dies unzweifelhaft dargetan war, stellte ich mir die Aufgabe, diese Einwirkung der Kulturgefässe auf den Pilz näher zu analysieren. Erst wenn diese bis zu einem gewissen Grade festgestellt war, konnte es mir möglich werden, die ursprünglich geplante Untersuchung auszuführen.

Zur Methode.

Bei allen nachfolgenden Kulturversuchen wurde, soweit nichts anderes angegeben ist, eine Grundnährlösung verwendet, die sich von der bei den vorhergehenden Züchtungsversuchen benutzten in bezug auf ihre Zusammensetzung darin unterschied, dass sie statt 0.5 % Ammoniumnitrat und 5 % Dextrose 0.617 % Ammoniumsulfat und 5 % Saccharose enthielt.

Diese Veränderung in der chemischen Beschaffenheit des Ammoniumsalzes wurde vorgenommen, weil a) Schwefelsäure, die aus Ammoniumsulfat während der Entwicklung des Pilzes in den Kulturen frei wird, mit den Wasserdämpfen wenig flüchtig ist und folglich nicht in demselben Grad störend wirkt bei der Untersuchung eventuell vorhandener flüchtiger organischer Säuren wie Chlorwasserstoff- und Salpetersäure, was ich bei meinem ursprünglichen Programm in Betracht gezogen hatte. Später, als dieses Programm nicht durchgeführt wurde, wollte ich nicht mehr zu einer anderen Nährlösung übergehen. b) Die Schwefelsäure kann bei Bedarf in der Form ihres praktisch genommen unlöslichen Bariumsalzes leicht aus den für die Analyse bestimmten Flüssigkeiten entfernt werden. c) Da *Aspergillus niger* nach

Wehmer (I, S 340) auf Ammoniumsulfat keine Oxalsäure bildet, hoffte ich, dass die von mir geplante Untersuchung sich möglichst wenig kompliziert gestalten werde, falls eine Nährlösung angewendet würde, in der der Pilz unter normalen Verhältnissen nicht imstande war, Oxalsäure zu produzieren.

Da ich die Wichtigkeit von Wehmers Vorschlag (III, S 222), den Brenner auf das wärmste befürwortet hat (S. 19), wohl einsah — danach sollte man sich bei künftigen Arbeiten über die Anwendung einer mineralischen Grundnährlösung einundderselben Zusammensetzung einigen —, bestimmte ich den prozentischen Gehalt der hier in Rede stehenden Grundnährlösung an Ammoniumsulfat in Uebereinstimmung mit G. E k m a n (S. 3) und W. Brenner (S. 19) zu 0.617 %.

Die angewandten Chemikalien waren alle Kahlbaumsche Fabrikate von bester Qualität. Saccharose wurde statt Dextrose herbeigezogen, weil es sich wegen des Weltkrieges unmöglich zeigte, Dextrose in genügenden Mengen zu beschaffen. Von Saccharose wurden drei verschiedene im Handel vorkommende Präparate benutzt: a) Kristallzucker aus der Zuckerfabrik in Tölö bei Helsingfors (Bezeichn. Tölö I): derselbe war vollständig weiss und, im gewöhnlichen Sinn als Zucker betrachtet, ausserordentlich rein; b) Würfelzucker, gleichfalls aus der Fabrik in Tölö (Bezeichn. Tölö II), ein Kriegspräparat von schwach graugelblicher Farbe, und schliesslich c) Saccharose von Kahlbaum: grosse 1–3 cm lange, klare Kristalle, die im Herbst 1911 geliefert waren. Bei allen Versuchen, wo nichts besonders bemerkt ist, ist Saccharose (Tölö I) zur Anwendung gekommen.

Das destillierte Wasser stammte aus dem Chemischen Laboratorium der Universität und war laut Angabe von Professor L. Öholm, der sein Leitungsvermögen bestimmt hat, als sehr rein zu betrachten.

Für jede Kultur wurden 50 cm³ Nährlösung verwendet, die vor der Aussaat in einem Dampfsterilisator, in Kulturgefässen oder in grösseren Kolben 30, 15 bzw. 5 Minuten erhitzt wurden, worüber Näheres bei den einzelnen Versuchen. Wenn die Nährlösungen mit kleinen Mengen Metallsalze ver-

setzt wurden, geschah die Einbringung derselben nach der Sterilisierung.

Die Aussaaten wurden wie früher mit 5 cm³ Sporenemulsion oder ausnahmsweise direkt aus den Sporenkulturen mit einer Platinöse ausgeführt.

Als Kulturgefässe dienten:

1) Erlenmeyerkolben zu 300 cm³ aus Jenaer Glas. In einigen wenigen Serien kamen ausserdem Kolben von der ebenerwähnten Form und Grösse, aber aus Reymyre Spezialglas zur Verwendung.

2) Schalen zu 200 cm³ aus schwach durchsichtigem sog. Quarzglas. Dieselben waren sämtlich halbkugelförmig abgeplattet und hielten 10.7 cm im Durchmesser.

3) Schalen zu ca. 3—400 cm³ aus Platin. Von diesen standen nur fünf zur Verfügung, auch variierten sie leider ausser in bezug auf die Grösse auch etwas in der Form, indem die grösste 11, die kleinste 9.8 cm im Durchmesser hielt.

4) Schalen zu ca. 200 cm³ aus Porzellan, die jedoch nur in geringem Mass gebraucht wurden.

Sowohl die Quarzglas- als die Platin- und Porzellanschalen wurden bei der Benutzung mit Glasdeckeln von demselben Typus wie bei Petrischalen versehen. Die Erlenmeyerkolben wurden wie gewöhnlich mit Wattepfropfen verschlossen.

In den Fällen, wo die Erlenmeyerkolben mit Wasserdampf behandelt wurden, geschah dies so, dass vier solche umgekehrt je in das Ende einer nach oben in vier Äste auslaufenden Glasröhre placiert wurden, welche durch das Rohr eines grösseren Glastrichters gesteckt und mittels eines durchbohrten Korkes in demselben befestigt war; der Trichter seinerseits war mit Hilfe eines anderen durchbohrten Korkes in der Mündung einer grösseren Kochflasche angebracht, in welcher Wasserdampf entwickelt wurde.

Die Kulturen entwickelten sich in einer dunkeln Warmkammer bei 35—36°.

Die Mycelien wurden gewöhnlich lufttrocken gewogen, nachdem sie zwischen Filtrierpapier gepresst, 24 Stunden in der Warmkammer getrocknet worden waren und danach ein paar Stunden in gewöhnlicher Zimmertemperatur gestanden

hatten. In den Fällen, wo eine Bestimmung der absoluten Trockensubstanz der Mycelien in Betracht kam, wurde das lufttrockene Material pulverisiert und weiter in Wägegläschen bei 100—105° auf konstantes Gewicht getrocknet.

Als Reagens auf Pilzstärke wurde wie früher eine ca. N/50 Jodjodkaliumlösung angewandt.

Die Totalazidität wurde in 10 cm³ Kulturflüssigkeit mit N/5 NaOH-Lösung und gewöhnlich Phenolphthalein, einigemal mit Methylorange oder Rosolsäure als Indikator bestimmt.

Soweit es galt, die Oxal- oder Citronensäure in den Kulturen zu bestimmen, wurde die mit NaOH neutralisierte Flüssigkeit filtriert, mit Essigsäure angesäuert und bis zum Kochen erwärmt, wonach die Oxalsäure mit Calciumacetatlösung ausgefällt wurde.

Das nach der Entfernung der Oxalsäure zurückbleibende Filtrat wurde nun mit Calciumacetatlösung in reichlichem Ueberschuss versetzt und so lange gekocht, bis sich der Niederschlag abzuschneiden begann, worauf das Ganze einen bis mehrere Tage stehen blieb. Unterdessen bildet sich auch in recht verdünnten Citronensäurelösungen ein weisser, körniger Niederschlag, der, wie sich unter dem Mikroskop zeigt, aus spul- bis nadelförmigen Kristallen besteht, die sich zu grossen, zackigen Bällen angehäuft haben, welche hierbei eine hell gelblichbraune Farbe aufweisen.

Es ist mir eine ausserordentlich angenehme Pflicht, den Herren Professoren O. Aschan, L. Borgström, W. Ramsay, A. Rindell und R. Tigerstedt, die mir in liebenswürdigster Weise teils die erforderlichen Kulturgefässe, teils Chemikalien zur Verfügung gestellt haben zu einer Zeit, wo die Einführung derselben in hohem Grad erschwert war, an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Orientierende Versuche.

1. *Aspergillus niger* β Brenner.

Da ich, wie oben bemerkt, recht erhebliche Mengen Mycelsubstanz brauchte, legte ich eine grosse Anzahl Parallel-

kulturen von unserem Pilz *Aspergillus niger* β Brenner in Erlenmeyerkolben an, die von früherher im Laboratorium vorhanden waren und daselbst bei verschiedenen Arbeiten angewendet worden sind.

Einen Tag nach der Aussaat machte sich gewöhnlich noch kein auffallender Unterschied zwischen dem spinnenwebartigen, dünnen Mycelüberzug in den verschiedenen Flaschen geltend, aber bereits nach zwei Tagen konnte ich mit ziemlich grosser, nach drei bis vier Tagen mit absoluter Sicherheit zwei habituell stark voneinander abweichende Typen *a* und *b* unterscheiden, die folgendermassen charakterisiert werden können.

a) Die Konidien keimen schnell und gleichmässig. Das Mycel wird schon am zweiten Tage wellig oder höckerig wellig. Vom dritten Tage an oder gewöhnlich schon früher erhält man darin mit Jodjodkaliumlösung eine lange andauernde und hübsche blaulila Färbung. Die Oberseite des Mycels ist samtglatt und blendend weiss. Konidien entstehen erst später (nach 8—10 Tagen) und immer in geringer Menge. Unten ist das Mycel weiss, mit scharfkantigen Wellen versehen und nicht schleimig. Das Gewicht der Trockensubstanz übersteigt dasjenige beim Typus *b* um ein Beträchtliches.

Die Kulturflüssigkeit färbt sich mit Jod nach dem 4. Tag schön lila, nach dem 5. fast blau, nach dem 6.—7. wieder lila, eine Färbung, die man dann recht lange erhält. Ihre Totalazidität ist grösser, bis doppelt und bisweilen mehrmal so gross wie bei der anderen Form. Oxalsäure bildet sich in den Kulturflüssigkeiten und findet sich darin in bestimm- baren Mengen vom 3.—4. Tage an. In 25 Tage alten Kulturen wurde noch eine Reaktion erhalten; in älteren wurde sie nicht geprüft. Dies ist im Hinblick auf das Resultat Wehmers ein bemerkenswertes Verhalten. Er vermochte nämlich in Kulturen, in denen die Stickstoffquelle wie hier in Ammoniumsulfat bestand, Anwesenheit von Oxalsäure nicht nachweisen.

b) Die Konidien keimen auch hier schnell und gleichmässig. Während der ersten sechs Tage, der gewöhnlichen Beobachtungszeit bei diesen ersten Arbeiten, ist das Mycel

durchaus glatt, unten schleimig, schlüpfrig und schwach gelblich, auf der Oberseite ist es weiss, plüschartig und vom 2. Tag ab relativ schwach, aber deutlich konidientragend. Schon nach ca. 2—3 Tagen erhält man darin während einiger Tage mit Jodjodkaliumlösung eine blaue Reaktion. Die Trockensubstanz ist bedeutend geringer als die, welche während derselben Zeit in den dem Typus *a* angehörenden Kulturen erzeugt wird.

Die Flüssigkeit färbt sich nicht mit Jodjodkaliumlösung. Die Totalazidität ist in ihr erheblich niedriger als bei der anderen Form. Oxalsäure lässt sich in der Flüssigkeit nicht nachweisen.

Zur Illustration des oben Angeführten sei folgendes bemerkt:

57 sechs Tage alte Mycelien wurden gleichzeitig geerntet und lufttrocken gewogen.

38 Stück vom Typus *a* wogen 30.000 gr = 0.7895 gr pro St. und
 19 » » » *b* » 10.908 » = 0.5741 » » » »

Bei einem anderen Versuch gaben drei Ernten vom Typus *a*, die bei 105° auf konstantes Gewicht getrocknet und in Wäggläsern gewogen wurden:

1.	2.	3.	Mittel
0.8350	0.8365	0.8370	= 0.8362 gr und vom Typus <i>b</i>
1.	2.	3.	Mittel
0.4250	0.4285	0.4750	= 0.4428 gr pro Stück.

Bei dem Vorkommen zahlreicher Uebergangsformen, die eigentümlicherweise immer mannigfaltiger wurden, je länger ich die Züchtungen fortsetzte, steigerte sich die Unsicherheit, nach dem blossen Aussehen entscheiden zu können, ob man den Typus *a* oder *b* vor sich hatte, doch gab die Bestimmung der Totalazidität und der Pilzstärke in der Regel Klarheit darüber, ob die betreffenden Kulturen dem Typus *a* oder *b* angehörten. Indes geschah es bisweilen, dass sich sämtliche Kulturen völlig gleich entweder nach dem Typus

a oder nach dem Typus *b* entwickelten, wie z. B. in der folgenden Serie, wo alle 33 Mycelien weiss und höckerig, wellig (= Typus *a*) wurden.

Tabelle 2.

Tag	1.	2.	Mittel
5.	0.7610 gr	0.7642 gr	0.7626 gr
6.	0.7951 »	0.7948 »	0.7949 »
7.	0.7850 »	0.7878 »	0.7864 »

Wie man sieht, ist das Gewicht der Trockensubstanz nach 6 Tagen am grössten, aber durchgehends etwas kleiner als bei der vorhergehenden Serie, woneben es eine überaus grosse Uebereinstimmung in den Parallelkulturen zeigt.

Da bei den Züchtungen die grösstmögliche Präzision beobachtet wurde, dürfte es nicht wundernehmen, dass mir diese Resultate durchaus rätselhaft erschienen. Die Sporenkulturen, aus denen ich die Aussaat entnahm, waren absolute Reinzüchtungen. Die Nährlösung wurde in einer grossen Flasche für eine ganze oder sogar für mehrere aufeinander folgende Serien auf einmal zubereitet. Da sie filtriert und zu wiederholten Malen umgeschüttelt wurde, musste man annehmen, dass sie, wie auch die Sporenemulsion, ihrer Zusammensetzung nach durchaus gleichartig war. Die Kulturflaschen wurden jedesmal mit einer Bürste und heissem Wasser gewaschen, leer trockensterilisiert und $\frac{1}{2}$ St., nachdem 50 cm Nährlösung in sie eingebracht war, dampfsterilisiert. Die verschiedenen Typen traten völlig regellos, miteinander in ungefähr gleicher Anzahl auf, doch waren die weissen, höckerig welligen Mycelien in der Regel numerisch stärker vertreten.

2) Verschiedene Stämme von *Aspergillus niger*.

Obwohl es schwer war, die Ursache zu der Launenhaftigkeit der Ergebnisse in dem Pilze selbst zu suchen, beschloss

ich, einige andere Stämme von *Aspergillus niger* zu prüfen, welche im Botanischen Laboratorium zugänglich waren, um festzustellen, ob sie möglicherweise Ernten von gleichmässiger Beschaffenheit gäben.

Ueber die Entstehung dieser Stämme ist mir nichts Näheres bekannt. Professor Elfving hatte im Lauf der Jahre Kulturen von *Aspergillus niger* von verschiedenen Seiten kommen lassen. Diese waren von W. Brenner unter teilweise abweichenden Verhältnissen gezüchtet und danach während seines mehrjährigen Aufenthalts im Ausland im Laboratorium am Leben erhalten worden. Die Vorgeschichte dieser Stämme, von Brenner mit 4, 6, 7, 11, 14, 17 und 20 bezeichnet, dürfte nicht mehr zu ermitteln sein, weil die diesbezüglichen Aufzeichnungen, die Dr. Brenner bei seiner Abreise von Deutschland dortselbst zurückzulassen gezwungen gewesen war, während des Weltkrieges wahrscheinlich verloren gegangen sind.

Die vier ersten der Stämme waren, soweit wie möglich, bei einer Temperatur von 35°, die übrigen bei Zimmertemperatur gehalten worden.

Ich unternahm es also, zu untersuchen, ob einer von diesen Stämmen ein besseres Versuchsobjekt als nach den derzeitigen Beobachtungen *Aspergillus niger* β abgeben werde (früher hatte ich diesen jedoch ohne erwähnenswerte Ungelegenheiten der angedeuteten Art gezüchtet). Von jedem Stamm bereitete ich zunächst vier Kulturen zu. Ohne Schwierigkeit konnte festgestellt werden, dass, Nr. 7 ausgenommen, die Parallelkulturen von sämtlichen Stämmen sich ungleichförmig entwickelten. Zu diesen Stämmen werde ich weiter unten (S. 74) zurückkehren.

Um den Stamm Nr. 7, der sich, wie oben gesagt, allein in sämtlichen vier Kolben gleichförmig entwickelte, genauer zu studieren, säte ich Konidien von ihm in zehn Kolben aus. Die Kulturen entwickelten sich ziemlich ähnlich. Sie waren konidienarm, höckerig wellig und von sehr kräftigem Aussehen. Die Kulturflüssigkeit gab schon 1 $\frac{1}{2}$ Tag nach der Aussaat eine intensiv blaue Jodreaktion, sie zeigte eine rela-

tiv starke Totalazidität, gab keine Reaktion auf Oxalsäure, enthielt aber mit 3—4 Tagen Citronensäure in sicher bestimm-
baren Mengen.

3) *Aspergillus niger* 7 Brenner.

In der Absicht, mein früher angegebenes Arbeitsprogramm durchzuführen, unterzog ich mithin *Aspergillus niger* Nr. 7 einem näheren Studium und schritt zur Herstellung von Massenkulturen aus demselben. Ich beschloss, die Kulturen für die Analyse 2, 4, 6 und 10 Tage alt zu ernten und säte zu dem Zweck Konidien in alle mir verfügbaren Flaschen, insgesamt 94, die alle vorher durchaus auf dieselbe Weise mit Bürste und heissem Wasser gewaschen, mit destilliertem Wasser ausgespült und, mit Wattepfropfen versehen, trockensterilisiert worden waren.

Im höchsten Grade unangenehm überrascht war ich jedoch, als der Mycelüberzug in den verschiedenen Kolben auch diesmal während seines Wachstums ein sehr verschiedenes Aussehen annahm, das schon nach 24 Stunden deutlich zu erkennen war.

Nach 3 Tagen 20 Stunden wurde eine vergleichende Durchmusterung der Kulturen angestellt. In einem Teil der Flaschen war das Mycel da zusammenhängend, höckerig, mit ausserordentlich üppigem Äussern und entweder blendend weiss oder mit einem braunschwarzen, scharf von dem sonst weissen Mycel abgehobenen Konidienrand versehen oder sogar über die ganze Oberfläche oder gewisse Teile derselben reichlich konidientragend. In einer geringeren, aber doch recht wesentlichen Anzahl von Kolben fand sich eine sehr schwache, mehr oder weniger glatte, meist unvollständig zusammenhängende, von Konidien braunschwarze Myceldecke. Die Totalazidität schwankte zwischen 12 und 2.5 cm³ N/5 NaOH pro 10 cm³ Flüssigkeit, die Trockensubstanz zwischen 0.19 und 0.92 gr. Um eine Vorstellung davon zu geben, wie verschiedene Ernten von einundderselben Emul-

sion in anscheinend identischen Kolben erhalten werden können, sei auf Tafel I Fig. 1—12 hingewiesen. Die fraglichen Figuren dieser Tafel entstammen nicht der in Rede stehenden Serie, sondern sind später aufgenommen und zusammengestellt.

Um festzustellen, wie sich diese Kulturen weiter auf 5 % Saccharoselösung entwickeln würden, wobei eine Produktion von organischer Säure stattfindet, wählte ich unter den 58 Nummern solche aus, die einen zusammenhängenden Mycelüberzug besaßen und daher, ohne dessen Oberseite zu beschädigen, auf die Saccharoselösung übergeführt werden konnten, auf der sie dann bei 35° belassen wurden, bis sie nach und nach zu zweien oder dreien gleichzeitig geerntet wurden. Manche von ihnen bewahrten hierbei ihr Aussehen bis etwa zum 10. Tage fast unverändert. Zu dieser Zeit begannen die meisten, auch von den anfangs ganz weissen Kulturen reichlich Konidien zu bilden. Die Konidienköpfe waren sehr gross, schwarz und langgestielt. In einigen Flaschen sank das Mycel bereits am zweiten Tage unter die Flüssigkeit, wonach in einem Teil der Kolben eine Neubildung über den submersen Stellen einsetzte, in anderen unterblieb.

Eine Bildung organischer Säuren begann unmittelbar nach der Ueberführung des Mycels auf die Saccharoselösung und dauerte danach mit sehr verschiedener Intensität in den einzelnen Kulturen fort.

Das Ergebnis der Titration der Flüssigkeiten, die in der Zeit vom ersten bis zum zwölften Tage vorgenommen wurde, war ganz verwirrend. In manchen Kulturen war die Totalazidität am 12. Tage heruntergegangen, sodass nur ca. 3 cm³ N/5 NaOH erforderlich waren, um die in der Flüssigkeit vorhandene freie Säure zu neutralisieren, während in einigen Parallelkulturen für denselben Zweck nicht weniger als 60 cm³ verbraucht wurden — in der Tat eine überraschende Differenz! — Das Mycel war in den ersteren schlaff und weich, aber nicht erwähnenswert schleimig, in den letzteren dagegen sehr kräftig. In vereinzelt Kulturen konnte Oxalsäure in geringer Menge nachgewiesen werden, Citronensäure in allen,

soweit freie Säure in solcher Menge zugegen war, dass zu ihrer Neutralisierung wenigstens 5—10 cm³ *N/5 NaOH*-Lösung daraufging.

Wie hohe und variierende Werte die Azidität im übrigen annehmen kann, veranschaulicht die folgende kleine Tabelle, aus der hervorgeht, wie drei 4 Tage alte Mycelstücke von dem Aussehen, wie Fig. 2, 11 und 12 in Tafel I zeigen, auf Saccharoselösung übergeführt, diese in 2 Tagen 18 Stunden ansäuerten. 10 cm Flüssigkeit wurden mit *N/5 NaOH*-Lösung titriert. Die Mycelien wurden lufttrocken gewogen.

	2.	11.	12.
cm ³ <i>N/5 NaOH</i>	7.85	34.60	33.95
Oxalsäure	+	—	—
Citronensäure	±	+	+
Ernte gr	0.49	1.36	1.37

} a

Zu derselben Zeit, wo diese Mycelien auf Saccharoselösung übergeführt wurden, wurden drei dem Äussern nach mit ihnen übereinstimmende 4 Tage alte Kulturen geerntet, in denen die Totalazidität und das Gewicht des Mycels wie oben bestimmt wurden.

cm ³ <i>N/5 NaOH</i>	2.85	10.90	7.00
Ernte gr	0.27	0.79	0.87

} b

Die Konzentration der freien Säure, die nach dem Obigen in den Kulturen 11 a und 12 a vorhanden ist, entspricht, als Citronensäure berechnet, z. B. in der Kultur 11 a mit einer Flüssigkeit von 47 cm³ 2.277 gr Säure. Eine so intensive Säurebildung habe ich nur selten konstatieren können. Dass sie bereits für den Pilz schädlich sein dürfte, darauf deutet die Tatsache, dass 12 a gegen das Ende des zweiten Tages unter die Flüssigkeit sank, nachdem sie vorher eine ganz erstaunliche Lebensintensität bekundet hatte. Während das schon vorher grosswellige, höckerige Mycel an der Peripherie grosse Einbiegungen machte oder dicht an die Flaschenwand gedrückt an derselben hinankletterte, bekleidete

sich die Wand inwendig mit einem Beschlag, eine Erscheinung, die ich ab und zu bei sehr schnell wachsenden Kulturen beobachtet und als Zeichen einer in hohem Grad gesteigerten Atmung betrachtet habe. Kurz bevor die Kulturen geerntet wurden, wurde auch in 11 a die konidienlose Hälfte des Mycelstücks submers, wogegen 2 a ihr Aussehen auf Saccharoselösung in keiner Beziehung veränderte, obwohl ihre Trockensubstanz erheblich zunahm.

Aspergillus niger 7 zeigt also in der Entwicklung dieselbe Ungleichförmigkeit wie die übrigen Stämme, und diese kann ihren Grund doch wohl nur darin haben, dass die Kulturgefäße nicht identisch waren und dass der Pilz durch von ihnen herstammende Stoffe beeinflusst worden war, die sich einer Kontrolle meinerseits entzogen. Dass sich der Stamm Nr. 7 bei dem ersten Versuch in den vier Kolben gleich entwickelte, muss darauf beruht haben, dass diese zufälligerweise identisch waren. Dass bei der zweiten Versuchsserie in allen zehn Kolben dasselbe Resultat erhalten wurde, erklärte sich daraus, dass diese Kolben ganz neu oder so gut wie unbenutzt, also nahezu identisch waren.

Auf dieselbe Weise lässt sich der Umstand erklären, dass bei meinen früheren Arbeiten diese Heterogenität in der Entwicklung des Pilzes sich darum nicht nennenswert geltend machte, weil die Kolben, deren ich mich hauptsächlich zur Untersuchung bediente, speziell für diese bestellt und mithin früher nicht benutzt worden waren.

Die bisher referierten Versuche wurden sämtlich, wie oben bemerkt, mit Ammoniumsulfat als N-Quelle gemacht. Untersuchungen von Wehmer haben indes gezeigt, dass sich dieses Ammoniumsalz nicht immer zur Stickstoffnahrung für Schimmelpilze eignet (II, S. 211). Er fand nämlich, dass, sobald eine gewöhnliche Schimmelform vom Typus des alten *Penicillium glaucum* auf Ammoniumsulfat kultiviert wurde, die Kulturen binnen kurzem ein ganz fremdartiges Bild darboten, welches auf die Wirkung einer durch die Tätigkeit des Pilzes selbst entstehenden schädlichen Substanz hindeutete. Diese schien Wehmer freie Schwefelsäure zu sein, die durch Assimilation von NH_4 in den Kulturen entstand, aber

im Gegensatz zu der gleichfalls oft reichlich vorkommenden Salpetersäure, die später während des Lebensprozesses des Pilzes wieder verschwand, bei weitem nicht in dem Umfang wie die letztere verarbeitet werden kann, sondern sich gleich der (hier harmlosen) Salzsäure in »erheblichem« Masse anhäuft. Da ihre Konzentration in der Nährlösung nach Wehmer immerhin nur ein Bruchteil eines Prozents sein kann, stellt sogar er sich dieser Erklärung skeptisch gegenüber. Es wäre daher sehr interessant, das Verhalten auf der Grundlage der in dieser Abhandlung mitgeteilten Resultate unter Anwendung einer grösseren Anzahl von Parallelkulturen einer Nachprüfung zu unterziehen, zumal da die von Wehmer abgebildeten Kulturkolben nicht alle von derselben Form sind und über die Glassorte in seiner Abhandlung keine Angaben gemacht sind.

Es wäre nicht undenkbar, sagte ich mir, dass, wenn *Aspergillus niger*, von unbekanntem Substanzen aus der Glasmasse beeinflusst, in den einen Kolben leichter, in anderen schwerer keimte, das Ammoniumsulfat dabei wie auch bei der späteren Entwicklung verschieden assimiliert würde und zur Entstehung der variierenden Kulturformen beitrüge. Vielleicht verhielten sich Ammoniumchlorid und -nitrat anders. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, stellte ich Versuche über β und 7 sowie die übrigen Stämme ausser mit Ammoniumsulfat auch mit Ammoniumchlorid 0.5 % und Ammoniumnitrat 0.373 % an und fand nun bei ihnen allen unabhängig von der chemischen Natur der Stickstoffquelle in der Entwicklung dieselbe Ungleichförmigkeit, die sich im allgemeinen Habitus der Kulturen nicht weniger als in ihren chemischen Reaktionen dokumentierte.

Ueber diese ausserordentlich zeitraubenden Experimente, die bei der Ausführung vieles von Interesse darboten, glaube ich in diesem Zusammenhang nicht näher berichten zu brauchen, will aber doch erwähnen, dass einige der in Rede stehenden Stämme Oxalsäure auch auf Ammoniumchlorid hervorzubringen

vermögen. Ihre Bildung auf Ammoniumsulfat wurde bereits im Obigen (S. 22) besprochen. Hiermit ist also die Unhaltbarkeit von Wehmers Angabe, dass diese Säure weder auf Ammoniumchlorid noch auf Ammoniumsulfat gebildet würde, dargetan.

Eine bemerkenswerte Gleichförmigkeit zeigten dagegen die Kulturen in Kolben aus Reymyre-Glas, die ich im Lauf der Arbeit in geringerer Skala angefangen hatte in Gebrauch zu nehmen, weil es während des Weltkrieges schwer war, solche aus Jenaer Glas zu erhalten. Es wurden darin in der Regel weniger Pilzsubstanz und mehr Konidien produziert als in den Parallelkulturen in Jenaer Kolben.

All dies deutet unverkennbar darauf hin, dass die Beschaffenheit der Kolben einen Einfluss auf die Kulturen ausübt und dass zwischen Kolben, die man geneigt wäre, als identisch anzusehen, Verschiedenheiten bestehen. Dieses letztere Verhalten kann wahrscheinlich nur darauf beruht haben, dass sich die Kolben während der Anwendung bei Versuchen von verschiedener Art auf verschiedene Weise verändert haben. Ich hatte in der Tat eine augenscheinliche Veränderung der Beschaffenheit gewisser Jenaer Kolben zu finden geglaubt, nachdem darin Pilze gewachsen waren, die reichlich organische Säure produziert hatten, indem nämlich die Mycelien in ihnen undichter und schwächer wurden oder indem sich die Konidienbildung in hohem Grade vermehrte.

Um hierüber Klarheit zu gewinnen, ging ich folgendermassen zuwege. Ich säte Konidien in alle mir verfügbaren Flaschen aus und nahm danach eine solche Ausmusterung mit ihnen vor, dass ich bestimmt wusste, in welchen Individuen zweimal nacheinander schwarze, bezw. weisse und mehr oder weniger bunte Kulturen hervorgebracht wurden. Mycelien, welche weisse hatten entstehen lassen, wandte ich bei der Züchtung des Pilzes 1 $\frac{1}{2}$ Monat lang bis zu einem Alter von zuerst 2, dann 4 und 6 und schliesslich 10 Tagen an und erhielt beständig mit Ausnahme der letzten Serie weisse oder nur in geringerem Masse konidientragende Mycelien von

kräftigem Aussehen. Wenn ich aber danach 4 Tage alte Mycelien, von denen einige weiss und zusammenhängend waren, auf 5 % Saccharose überführte, worin bekanntlich eine reichliche Produktion von organischer Säure stattfindet, so wurden die Kulturen in der darauffolgenden Serie entschieden dürftiger und mehr sporenbekleidet als vorher. In einer Anzahl Kolben, in denen die Säurebildung sehr kräftig gewesen, war das Mycel jetzt ungemein zu seinem Nachteil verändert. Alles wies darauf hin, dass die starke Konzentration der Säure — man denkt unwillkürlich an Citronensäure — eine Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Glasfläche hervorgerufen, dieselbe so aufgelockert hatte, dass entweder Stoffe, die beim Waschen weggespült wurden, oder Stoffe, welche die Konidienbildung beförderten, dem Pilze zugänglich geworden sind. Irgendwelche Anzeichen einer Korrodation der Glasfläche waren indes makroskopisch nicht zu entdecken.

Nachdem also festgestellt war, dass sich ein gewisser Kolben verändern kann, sodass darin Pilze von verschiedenem Aussehen erzeugt werden, machte ich Versuche, die Glasfläche direkt anzugreifen, um darin Veränderungen zustandezubringen. Ich ging dabei von der Annahme aus, dass die weisse, kräftige Entwicklungsform des Pilzes die ihm auf meiner Nährlösung natürliche und dass die andere Form mit dürftigem Mycel und reichlichen Konidien krankhaft verändert sei. Die Kulturkolben, in denen sich die letztere entwickelt, stellten sich mir als giftig dar. Da das Material, das ich eingesammelt hatte, der weissen Form angehörte, wäre es für mich sehr wünschenswert gewesen, die Flaschen so verändern, »entgiften« zu können, dass es mir möglich wurde, meine Arbeiten fortzusetzen. Ich behandelte daher solche »giftigen« Kolben auf verschiedene Weise mit verschiedenen chemischen Agentien.

Es kamen folgende Lösungen zur Anwendung:

- 1) 2 % Schwefelsäure,
- 2) 0.035, 7.00 und 12 % Salzsäure,
- 3) 3—5 % Citronensäurelösung.

4) vollständige Nährlösung oder Lösung mit einzelnen in der Nährlösung enthaltenen Salzen,

5) Nährlösung + 3 % Citronensäure,

6) 3 % Kaliumkarbonatlösung,

7) 0.1, 0.2 und 0.5 % *NaOH*-Lösung und

8) 5 % Natriumkarbonatlösung.

Die Einwirkung jeder Lösung wurde dadurch geprüft, dass sie ca. 3 Tage a) bei Zimmertemperatur und b) bei 35° stehen blieb, und dadurch, dass sie im Sterilisator c) $\frac{1}{4}$ oder d) $\frac{1}{2}$ Stunde oder e) 24 Stunden gekocht wurde. f) Die Natriumkarbonatlösung wurde fünf Minuten auf einem Drahtnetz über offener Flamme gekocht.

Wie der Pilz auf das Glas nach den verschiedenen Operationen reagierte, wurde immer hinterher mit Hilfe einer Normalserie festgestellt, d. h. in gewöhnliche Nährlösung wurden Konidien ausgesät, die sich ca. 3 Tage bei 35° entwickelten.

Durch diese Versuche wurde dargetan, dass die Behandlungen 1)—5) keine Verbesserung der »giftigen« Flaschen herbeiführten. Beim Kochen mit Kaliumkarbonatlösung während $\frac{1}{2}$ St. im Sterilisator wurden die Kulturen etwas weniger konidienreich. Nach einer erneuten Behandlung trat keine effektivere Veränderung in dem bezeichneten Sinne ein. Kalte Sodalösung und Sodalösung bei 35° übte keinen nennenswerten Einfluss aus. Eine Einwirkung in der gewünschten Richtung, doch keine vollständige, wurde dagegen erzielt bei Behandlung einiger der giftigen Flaschen mit Sodalösung auf dem Wasserbad, wobei die Temperatur in der Versuchsflasche auf ca. 65° stieg, und ein ähnlicher Effekt zeigte sich bei 5 Minuten langem Kochen über offener Flamme oder bei $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen im Sterilisator mit 5 % Sodalösung wie auch bei $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen im Sterilisator mit *NaOH*-Lösung von allen obengenannten Konzentrationen. In sämtlichen mit diesen letzteren Substanzen, *NaOH* und Na_2CO_3 , behandelten giftigen Flaschen wurden nach dem Kochen durchaus weisse, aber undichte, gleichsam aus einem Geflecht bestehende Mycelüberzüge produziert. (Siehe Tafel I Abbildung 17 b, — Verkleinerung auf ungefähr

die Hälfte der natürlichen Grösse. a) vor und b) nach dem Kochen mit *NaOH*-Lösung). — Fortgesetztes, mehrstündiges Kochen führte keine auffallende Veränderung mehr herbei ¹⁾.

Versuche mit Kulturgefässen verschiedenen Materiales.

Nachdem ich so von der Veränderlichkeit der Kulturgefässe Kenntnis erhalten hatte, schien es mir von höchster Wichtigkeit zu sein, die Frage aufzuhellen, wie sich der Pilz in dieser Nährlösung entwickeln würde, wenn jegliche Einwirkung seitens der Bestandteile des Glases eliminiert wurde. Zu diesem Zweck machte ich zuerst Versuche mit Paraffinierung der Kulturflaschen. Die Nährlösung, die hierbei angewendet wurde, wurde in einer vor sehr langer Zeit gebrauchten Jenaer Kochflasche sterilisiert. Dieselbe war zuvor mit Salzsäure ausgewaschen und 1 Stunde lang mit Wasserdampf behandelt worden.

Es wurden 4 Flaschen paraffiniert. Zwei von ihnen wurden, mit destilliertem Wasser gefüllt, 3 Tage bei 35° stehen gelassen. Danach wurden alle vier mit Nährlösung und Konidien versehen und in die Warmkammer gestellt. In ihnen entwickelte sich sehr schnell ein schwacher, fast nur aus schwimmenden Sporensinseln bestehender Mycelüberzug (vgl. Tafel I Fig. 1).

Da es in bezug auf die Reinigung merkbare Schwierigkeiten bereitet, den Pilz in paraffinierten Flaschen zu züchten, ging ich zum Kultivieren in Gefässen aus Quarz und Platin über, die als so indifferent wie überhaupt möglich angehen werden müssen.

¹⁾ Während der sukzessiven Sterilisation der Lösung und der Züchtung des Pilzes unter gewöhnlichen äusseren Bedingungen wurden die Mycelien nach und nach zusammenhängender und sonst kräftiger, fuhr man aber hinreichend lange damit fort, so trat oft ganz plötzlich ein Umschlag ein. Durch Zusatz von kleinen Mengen Eisen- oder Mangansalzen oder auch Natriumhydroxyd zur Nährlösung erhielt man in den mit Soda gekochten Flaschen ganze Decken (siehe weiter unten S. 71).

Die Schalen aus diesen Stoffen wurden sehr sorgfältig gereinigt, die erstgenannten durch Waschen mit Salpetersäure und Kochen mit Wasser, die anderen durch Waschen mit saurem Kaliumsulfat und feinstem Quarzpulver, durch Kochen mit Salzsäure und schliesslich mit destilliertem Wasser. Nachdem die Schalen ausgeglüht waren, wurden sie mit Glasdeckeln versehen, die ebenfalls sorgfältig gereinigt und schliesslich mit Wasserdampf behandelt worden waren, um zu verhindern, dass später während des Sterilisierens etwas in die Schalen destillierte. Die Nährlösung, 50 cm³, wurde 1½ St. in den Schalen selbst sterilisiert.

18 Stunden nach der Aussaat wurde in allen Kulturen eine schwache, aber deutliche Entwicklung des Mycels konstatiert, welches jedoch undicht, dünn und glatt blieb, schon gegen Ende des ersten Tages Konidien produzierte und nach 2 Tagen vollständig damit bedeckt war. (Siehe Tafel I, Fig. 1.)

Nach diesen durchaus miteinander übereinstimmenden Resultaten in paraffinierten Kolben, Platin- und Quarzschalen wäre diese dürftige, konidienreiche Entwicklungsform die normale des Pilzes. In den neuen oder verhältnismässig wenig benutzten Jenaer Kolben war allem Anschein nach ein Stoff vorhanden, der den Pilz zur Mycelbildung stimulierte, während die Konidienbildung zurücktrat, aber allmählich mehr oder weniger ausgenutzt wurde.

Man musste sich nun fragen, ob diese stimulierende Wirkung auch in den Platin- und Quarzgefässen auftrat, wenn die Nährlösung früher in Gefässen aus Jenaer Glas sterilisiert worden war, dies umso mehr, als ich im Verlauf der Arbeit bei verschiedenen Gelegenheiten beobachtet hatte, dass die Kulturen, jenachdem ob die Nährlösung im Kulturgefäss selbst sterilisiert oder nach der Sterilisation in einem grösse-

ren Kolben in dasselbe eingeführt worden war, ein verschiedenes Aussehen erhielten. Zu diesem Zweck wurde die Nährlösung in zwei Platin- und zwei Quarzschalen (a) sterilisiert, während sie in zwei andere (b) nach der Sterilisation in einem neuen Jenaer Kolben von 1 $\frac{1}{2}$ l gegossen wurde, welcher mit Sand und warmem Wasser ausgewaschen worden war. Nach 4 $\frac{1}{2}$ Tagen wurden alle Kulturen auf einmal geerntet. Die Parallelkulturen waren dem Äusseren nach völlig vergleichbar. Die *a*-Kulturen glichen sämtlich denen, die bei dem nächstvorhergehenden Versuch erhalten waren, wogegen die Kulturen *b* ein ganz anderes Aussehen hatten. Sie waren kräftig und dick, aber undicht. Die Mycelien in den Platinschalen waren reichlich sporenbekleidet, in den Quarzschalen fast weiss ausser an der Peripherie, wo sie gleich den ebenerwähnten Pilzdecken einen stark hervortretenden Konidienring zeigten. (Siehe Tafel I, Fig. 1 = a Platin 2 = a Quarz, Fig. 13 = b. Platin 8 = b Quarz.)

	Platin		Quarz	
	a		a	
Ernte gr	0.36	0.26	0.28	0.27
	b		b	
Ernte gr	0.86	0.77	0.82	0.82

Der weiteren Kontrolle halber wurde dieser Versuch in der Weise wiederholt, dass in eine Platin- und zwei Quarzschalen, einen gewöhnlichen Erlenmeyerkolben = *E* und einen ebensolchen paraffinierten = *Ep* dieselbe Nährlösung eingeführt wurde, die im vorhergehenden Versuch für die Kulturen *b* zur Anwendung gekommen war. Die Ernte wurde nach 4 $\frac{1}{2}$ Tagen vorgenommen. Sämtliche Mycelien waren jetzt noch weisser und zusammenhängender und noch weniger sporentragend als in der vorhergehenden Serie, vermutlich weil die Nährlösung 5 Tage in dem Jenaer Kolben gestanden hatte, worin sie sterilisiert worden war. Während der Zeit hatte die lösende Wirkung des Nährsubstrates auf das Glas wahrscheinlich weiter fortgedauert. (Siehe Tafel I, Fig. 14 = Platin, Fig. 10 = Quarz, Fig. 15 = Erlenmeyerkolben).

	Platin	Quarz	E	Ep
Ernte gr	0.81	1) 0.87	0.89	0.85
		2) 0.82		

Diese Resultate lassen erkennen, dass das Kochen in einzelnen Jenaer Flaschen die Nährlösung in dem Sinn verändert, dass die Mycelbildung darin befördert wird.

Dass das Kochen diese Wirkung nicht in allen Jenaer Kolben hat, ersieht man aus dem Versuch mit paraffinierten Flaschen (S. 34).

Diesen Kulturen in Platin- und Quarzschalen war zu entnehmen, dass die Form von *Aspergillus niger* Nr. 7, die sich durch dünnes Mycel und reichliche Konidien auszeichnet, im Gegensatz zu meiner früheren Annahme die für diese Nährlösung charakteristische Form ist, während die Form mit dickem Mycel und spärlichen Konidien eine durch irgendeine fremde Einwirkung hervorgerufene Wuchsform darstellt. Durch einen glücklichen Zufall lernte ich Gefässe kennen, die bei den Züchtungen denen aus Platin und Quarz gleichgestellt werden können. Solche sind die mit dem Fabrikzeichen 16 versehenen Kolben aus Jenaer Glas.

Da es für die Gewinnung sicherer Resultate erforderlich war, identische Gefässe zur Verfügung zu haben, und da dieser Bedingung am besten neue, unbenutzte Kolben entsprachen, war für das Laboratorium ein grösserer Satz von solchen aus der Fabrik in Jena requiriert worden. Dieser traf im Herbst 1918 ein. Im Gegensatz zu einigen meiner alten Kulturgefässe, die unter dem gewöhnlichen Fabrikzeichen den Buchstaben *N* trugen, waren die neuen mit dem Zeichen 16 versehen. Ich nenne sie im Folgenden *16-Kolben*, die früher verwendeten dagegen *N-Kolben*. Die ersteren wurden mit 1—100 nummeriert, und ich schritt dazu, sie mit den früher benutzten Kulturgefässen zu vergleichen.

Vor der Anwendung wurden die Kolben 1—12 folgendermassen behandelt:

I. Die Kolben 1, 2, 3 und 4 wurden nur durch Ausspülen mit kaltem Wasser gewaschen, aber danach 5 Stunden in Wasserdampf gekocht.

II. 5, 6, 7 und 8 wurden nur mit Bürste und kaltem Wasser gewaschen und mit destilliertem Wasser ausgespült.

III. 9, 10, 11 und 12 wurden mit Bürste und kaltem Wasser gewaschen, danach mit 5 % *HCl* 20 Minuten über offener Flamme gekocht, sehr sorgfältig mit Leitungswasser ausgespült und schliesslich während $\frac{1}{4}$ Stunde der Einwirkung von heissem Wasserdampf ausgesetzt.

Nachdem die Kolben in umgestülpter Stellung vollständig ausgetrocknet waren, wurden sie mit Pfropfen von chemisch reiner Watte versehen und bei ca. 150° während 1 Stunde trockensterilisiert.

Hiernach wurde eine Versuchsserie in Angriff genommen, bei welcher ausser den Flaschen I, II und III gebraucht wurden:

IV. vier Platinschalen,

V. vier Quarzschalen. Sowohl die Platin- wie die Quarzschalen wurden vorher mit 5 % *HCl* und dann wiederholt mit destilliertem Wasser gekocht und ausgeglüht. Mit Glasdeckeln versehen wurden sie schliesslich trockensterilisiert.

VI. 10 alte Erlenmeyerkolben, alle mit dem Zeichen N. Diese letzteren waren nebst ca. 40 anderen von derselben Marke in grossem Umfang bei den im Obigen erwähnten Arbeiten benutzt worden, bis sie schliesslich unter den nämlichen äusseren Bedingungen zur Entstehung von Kulturen mit stark abweichendem Aussehen und Eigenschaften Anlass gegeben hatten.

Diese 50 N-Kolben waren alle zu gleicher Zeit mit *HCl*, heissem Wasser und Bürste gewaschen, mit 5% Sodalösung $\frac{1}{2}$ Stunde lang im Sterilisator gekocht (S. 33), mit reichlichen Mengen Leitungswasser ausgespült und zuletzt $\frac{1}{4}$ Stunde der Einwirkung von heissem Wasserdampf ausgesetzt worden. Nachdem sie vollständig getrocknet waren, wurden sie mit Wattepfropfen versehen und trockensterilisiert.

Das Resultat der Serie war überraschend, und zwar nicht zuletzt durch seine Deutlichkeit. — In den Platin- und Quarzschalen wie auch in den neuen Erlenmeyerkolben aus 16-Glas hatten sich miteinander übereinstimmende, undichte,

dünne, glatte, von Sporen schwarze Mycelien gebildet, in den 10 alten Jenaer N-Kolben dagegen weisse und etwas undichte, d. h. genau solche, wie sich meiner Erwartung gemäss nach dem Kochen mit Sodalösung in denselben erzeugen mussten. Inbezug auf die Totalazidität, die Pilzstärkebildung und die Menge produzierter Trockensubstanz zeigten die Kulturen des ersterwähnten Typus, d. h. die sporeureichen, sehr grosse Abweichungen von den Kulturen in den alten Jenaer Kolben.

Um festzustellen, ob sich während einer relativ langen Züchtungsperiode Veränderungen im Aussehen des Mycels geltend machten, liess ich die Kulturen im ganzen 14 Tage bei 35° stehen. Dabei wurde konstatiert, dass sie mit Ausnahme einer schwachen Entwicklung von sekundärem Mycel (Tafel I, Fig. 16), die in I, II, III, IV und V am 8.—9. Tage begann, aber in VI gar nicht zu Gesicht kam, dasselbe Aussehen behielten, das sie schon bei einem Alter von drei Tagen gekennzeichnet hatte. Als die Kulturen daher nach 14 Tagen alle auf einmal geerntet wurden, reagierten die Flüssigkeiten nicht mit Jod. Ebenso wenig konnte eine blaulila Färbung mit Jod auf der schleimigen, grauweissen unteren Seite des Mycels in I—V konstatiert werden, wogegen die, welche der Gruppe VI angehörten, mit Jodjodkaliumlösung blauviolett gefärbt wurden. Die Totalazidität, wie gewöhnlich mit $N/5$ *NaOH*-Lösung und Phenolphthalein als Indikator bestimmt, zeigte in den konidienreichen Kulturen bedeutend höhere Werte als in den weissen, während das Gewicht des Mycels in diesen das in jenen ermittelte um mehr als 100 % überstieg. Qualitativ wurde in einigen der sauersten Flüssigkeiten von I—V sowohl Oxal- als Citronensäure nachgewiesen, in VI ergab sich für keine von beiden eine Reaktion. (Siehe Tabelle 3.) Die Mycelien in I—V haben bis zum 8.—10. Tage das Aussehen, das Tafel I, Fig. 1 und 2 zeigen, danach ähneln sie Fig. 16. Der weisse Nebel in Fig. 16 ist sekundäres Mycel. Die Mycelien in VI haben während der ganzen Versuchszeit dasselbe Aussehen. (Siehe Tafel I Abbildung 17, Fig. b.)

Tabelle 3.

		Totalazid., in d. ganzen Kultur durch Titrat. mit $N/8$ NaOH bestimmt	Gewicht d. Mycels (luft-trocken)	Aussehen
I	1	59.94 $cm^3 N/8$ NaOH	0.42 gr	Von Konidien schwarze, dürrtge, auf d. Unterseite schleimige, nicht vollständig zusammenhängende Mycelien.
	2	45.51 » » »	0.31 »	
	3	48.84 » » »	0.32 »	
	4	38.85 » » »	0.30 »	
II	5	39.22 $cm^3 N/5$ NaOH	0.30 gr	Vollständig wie in d. Obigen Gruppe.
	6	45.51 » » »	0.31 »	
	7	46.62 » » »	0.30 »	
	8	32.20 » » »	0.34 »	
III	9	44.35 $cm^3 N/5$ NaOH	0.31 gr	Wie oben.
	10	45.51 » » »	0.31 »	
	11	44.00 » » »	0.29 »	
	12	44.00 » » »	0.30 »	
IV	1	45.60 $cm^3 N/6$ NaOH	0.42 gr	Wie oben.
	2	44.70 » » »	0.40 »	
	3	44.40 » » »	0.36 »	
	4	45.00 » » »	0.35 »	
V	1	42.00 $cm^3 N/6$ NaOH	0.34 gr	Wie oben.
	2	36.00 » » »	0.34 »	
	3	43.50 » » »	0.31 »	
	4	42.00 » » »	0.35 »	
VI	1	14.00 $cm^3 N/6$ NaOH	0.72 gr	Weisse, auf d. Unterseite höckerige, nicht schleimige, aber etwas undichte Mycelien.
	2	14.00 » » »	0.78 »	
	3	16.00 » » »	0.65 »	
	4	16.10 » » »	0.69 »	
	5	14.00 » » »	0.75 »	
	6	14.35 » » »	0.74 »	
	7	15.40 » » »	0.74 »	
	8	15.75 » » »	0.76 »	
	9	15.75 » » »	0.74 »	
	10	14.00 » » »	0.75 »	

Zwecks weiterer Bestätigung des Resultates der letzten Serie wurde ein Kontrollversuch gemacht, für den neue Flaschen von der Marke 16 folgendermassen behandelt wurden.

I. 13, 14, 15 und 16 wurden mit Bürste und kaltem Wasser gewaschen und 6 Stunden der Einwirkung von heissem Wasserdampf ausgesetzt.

II. 17, 18, 19 und 20 wurden nach gewöhnlicher Waschung 5 Minuten mit 5 % Sodalösung über offener Flamme gekocht und nach sorgfältiger Ausspülung mit Leitungswasser während 15 Minuten mit Wasserdampf behandelt.

III. 25, 26, 27 und 28 wurden wie unter II behandelt mit dem einzigen Unterschied, dass statt 5 % Sodalösung eine 5 % Citronensäurelösung zur Anwendung kam.

IV. 29, 30, 31 und 32 wurden mit Bürste und kaltem Wasser gewaschen, aber nicht weiter behandelt.

V. Zur Kontrolle wurden 4 alte Jenaer N-Kolben genommen, die mit den bei der letzten Serie gebrauchten identisch waren.

Es zeigte sich, dass in den neuen Flaschen, einerlei wie sie behandelt waren, dürftige, dünne, ungemein reichlich kondientragende Mycelien produziert wurden, die während der $2\frac{1}{2}$ —3 ersten Tage das Stadium ihrer Entwicklung erreichten, nach welchem sie sich dem Äusseren nach nicht bemerkenswert veränderten.

In den alten Kolben bildeten sich auch jetzt, wie vorher, undichte, weisse Myceldecken (siehe Tabelle 4).

Aus diesen beiden Serien geht unzweideutig hervor, dass *Aspergillus niger* sich unter sonst identischen Bedingungen in den 16-Kolben auf eine und in neuen N-Kolben oder in alten, die mit Sodalösung gekocht worden sind, auf eine andere Weise entwickelt.

Zur Beleuchtung des Verhaltens, dass die Entwicklung in Quarz-, Platin- und 16-Gläsern auf eine andere Weise vor sich geht als in N-Gläsern, sei Folgendes mitgeteilt, was

vollständig in Analogie steht mit dem Versuch aus der S. 36 geschilderten Serie. Hierbei wurden angewandt 4 unbenutzte 16-Kolben = I und benutzte 16-Kolben = II, 4 alte mit Soda behandelte N-Kolben = III und schliesslich 4 Quarzschalen = IV und ebenso viele Platinschalen = V. — Diese wurden in zwei Gruppen *a* und *b* verteilt. In den mit *a* bezeichneten Gefässen wurde die Nährlösung $\frac{1}{2}$ Stunde sterilisiert; die mit *b* bezeichneten wurden mit einer Nährlösung versehen, die in einem grösseren Jenaer N-Kolben gekocht worden war.

Tabelle 4. (Kulturdauer 15 Tage.)

		Azidit. in d. ganzen Kultur	Mycel luft-trocken	Aussehen d. Mycels	
I	13	31.45 cm ³ N/5 NaOH	0.28 gr	Dünne, unten schleimige n. grauweissliche, oben von Konidien schwarze, überreich entwickelte Mycelien.	
	14	40.70 » » »	0.29 »		
	15	32.22 » » »	0.28 »		
	16	40.00 » » »	0.28 »		
II	17	32.56 cm ³ N/5 NaOH	0.31 gr		
	18	39.96 » » »	0.30 »		
	19	40.33 » » »	0.29 »		
	20	31.45 » » »	0.26 »		
III	25	32.19 cm ³ N/5 NaOH	0.31 gr		
	26	33.02 » » »	0.25 »		
	27	37.35 » » »	0.27 »		
	28	26.45 » » »	0.30 »		
IV	29	36.45 cm ³ N/5 NaOH	0.26 gr		
	30	40.50 » » »	0.26 »		
	31	40.50 » » »	0.27 »		
	32	42.60 » » »	0.27 »		
V	1	14.70 cm ³ N/5 NaOH	0.66 gr		Undicht entwickelte Mycelien, dick, nicht schleimig, aber mehr od. weniger gelbgefärbt auf d. Unterseite. Die Oberseite macht einen weissen Eindruck.
	2	14.55 » » »	0.66 »		
	3	14.87 » » »	0.66 »		
	4	14.70 » » »	0.65 »		

Die Kulturen der Gruppe *a* einer- und die von *b* andererseits entwickelten sich von Anfang an sehr verschieden. Man vergleiche Tafel I, Fig. 1, die das Aussehen sämtlicher *a*-Kulturen wiedergibt mit Ausnahme derer (III), die in alten Jenaer Kolben produziert worden sind und den gewöhnlichen uns nunmehr bekannten Habitus: undichte, weisse Decken besaßen. In der Gruppe *b* glichen die Mycelien einander ausnahmslos und waren am nächsten mit dem in Tafel I, 15 wiedergegebenen zu vergleichen. Die Kulturen wurden in einem Alter von 17 Tagen geerntet (siehe Tabelle 5). Inbezug auf die Totalazidität wurden für *a* die Grenzwerte 45 und 53 cm^3 , für *b* konstant 13.5 cm^3 $N/5NaOH$ per Kultur notiert; also im Vergleich mit denen, die in der vorhergehenden Serie bei einem Alter von 15 Tagen geerntet wurden, eine, wenn auch nicht erhebliche Steigerung in den konidienreichen Kulturen und eine ebensolche Abnahme in der ganzen Gruppe *b*.

Dieses an sich unbedeutende Detail wird zur Illustration der verschiedenen Lebensweise des Pilzes in den verschiedenen Kolben angeführt. In 16-Kolben steigt die Totalazidität stetig wenigstens während dreier Wochen und kann schliesslich Werte erreichen, die ich äusserst selten in den schnell entwickelten, üppigen konidienreichen Kulturen konstatieren konnte, in denen die Säurebildung in weniger als einer Woche ihr Maximum erreicht und ebenso rasch auf 12—15 cm^3 $NaOH$ herabsinkt.

Tabelle 5.

	I	II	III	IV	V
	a				
Ernte gr	0.26	0.29	0.56	0.27	0.45 ¹⁾
	0.25	0.26	0.54	0.31	0.32
	b				
Ernte gr	0.55	0.54	0.68	0.59	0.75 ¹⁾
	0.55	0.53	0.67	0.58	0.65

¹⁾ Diese Schalen waren grösser als die beiden anderen.

Der Unterschied ist offenbar ausser in der Gruppe III, wo die Ernte in *b* diejenige in *a* nur unbedeutend übersteigt. Es ist also deutlich, dass die weniger kräftige Mycelentwicklung des Pilzes in den 16-Kolben dieselbe Ursache hat wie in den Platin- und Quarzschalen, und zwar ist dieselbe das Fehlen gewisser das Wachstum stimulierender Mittel, die in den Jenaer N-Kolben vorhanden sind.

Da diese stimulierenden Stoffe, welche sie auch sein mögen, aus dem Glase herausgelöst werden, hat man allen Grund zu der Annahme, dass sie in verschiedener Menge abgegeben werden, wenn die Nährlösung verschieden lange Zeit sterilisiert wird. Dies glaubte ich bei einigen Versuchen bemerkt zu haben, und um darüber ins klare zu kommen, machte ich folgende Versuchsserie, welche bekundet, dass die Sterilisationszeit wirklich die Züchtungsergebnisse recht ansehnlich beeinflusst und dass diese Einwirkung sich bei den Arbeiten mit N-Kolben in viel höherem Grade geltend macht als bei denen mit 16-Kolben. Die Serie umfasst 15 sukzessive Versuche und wurde mit 12 Flaschen ausgeführt. Von diesen waren 2, nämlich 88 und 95, neue, mit Bürste und kaltem Wasser gewaschene 16-Kolben, zwei andere, 31 und 18, früher benutzte 16-Kolben, 200 und 300 waren neue mit Bürste und kaltem Wasser gewaschene N-Kolben und die sechs übrigen, 105, 43, 113, 152, 123 und 213, sämtlich alte mit Sodalösung ausgekochte N-Kolben.

Die Versuchszeit war 3 $\frac{1}{2}$ Tage.

Bei den Versuchen 1—9 wurden die Kulturen 95, 300, 105, 43, 123 fünf Minuten, 88, 200, 113, 152, 213 dreissig Minuten sterilisiert. Von Versuch 10—12 wurden die erstgenannten dreissig, die letzteren fünf Minuten sterilisiert. Vor dem Versuch 13 wurden sämtliche Kulturen dreissig Minuten sterilisiert, und bei den übrigen zwei wurde eine Nährlösung angewandt, die in einem grösseren N-Kolben sterilisiert worden war.

Bei der Durchmusterung der Tabelle 6, in welcher die Resultate der Kulturen in den Flaschen 88, 95, 300 und 200 aufgenommen sind, lenkt der Umstand ohne weiteres unsere

Aufmerksamkeit auf sich, dass die Veränderungen, welche die Kulturen in den 16-Flaschen erleiden, verhältnismässig unbedeutend sind und dass sich zwischen denen, die 5 Minuten, und denen, die 30 Minuten sterilisiert worden sind, kein auffallender Unterschied geltend macht. Die Myceldecken sind in bezug auf ihr Aussehen durchaus vergleichbar (siehe Tafel I, Fig. 1). Die Konidienbildung ist ausserordentlich ausgiebig.

Die Totalazidität der Flüssigkeit ist sehr niedrig: sie entspricht in der Regel weniger als $3 \text{ cm}^3 \text{ N/5 NaOH}$ -Lösung auf 10 cm^3 Kulturflüssigkeit. Dies ist übrigens bei dem in Rede stehenden Alterstadium in den Kulturen mit ähnlichen Myceldecken immer der Fall (vgl. S. 43). Weder Oxal- noch Citronensäure noch Pilzstärke geben in der Flüssigkeit eine Reaktion (vgl. S. 15).

Was die *N*-Kolben, die beim Beginn des Versuches unbenutzt waren, anbelangt, wurden in denselben während der Serie Pilze vom wechselndsten Aussehen produziert. Im Anfang wurden die Ernten sukzessiv immer besser, schneller, wenn die Kultur 30, als wenn sie nur 5 Minuten sterilisiert worden war, und die Maximalernte, welche erzielt wurde, war im ersteren Fall grösser als im letzteren. Nach Erreichung des Maximalpunktes verringerten sich die Ernten in beiden Fällen langsam, die Konidienbildung nahm zu, während die Myceldecke immer weniger zusammenhängend und die Pilzstärkereaktion immer schwächer wurde. Als ich dann das Verhältnis änderte und die früher 30 Minuten sterilisierten 5 Minuten sterilisierte und umgekehrt, konnte ich sofort die Einwirkung davon auf das Aussehen des gebildeten Pilzmycels konstatieren, und zwar in dem letzteren Fall deutlicher als in dem ersteren. Dass eine Veränderung eingetreten war, bezeugen die Ergebnisse der Bestimmungen der Totalazidität und der Trockensubstanz (vgl. Kultur 300 in Versuch 9—10, Tabelle 6).

Als ich soweit gekommen war, dass ich in den Parallelkulturen bei diesen Bestimmungen erheblich voneinander abweichende Werte erhielt, wurden sämtliche Kulturen gleich lange, d. h. $\frac{1}{2}$ St. sterilisiert. Diese Massnahme hatte

zur Folge, dass das Gewicht der Ernten und die Totalazidität der Flüssigkeiten in den verschiedenen Kulturen einigermaßen ausgeglichen wurden. Durch Anwendung einer in einem grösseren N-Kolben sterilisierten Nährlösung wurde schliesslich eine durchgreifende Veränderung in der Entwicklung der Kulturen herbeigeführt. Unabhängig davon, ob die Kolben aus N- oder aus 16-Glas bestanden, wurde in denselben ein Mycel von entsprechender Beschaffenheit wie in relativ wenig benutzten N-Kolben produziert.

Auch in dem Fall, dass man mit neuen Jenaer N-Kolben arbeitet, geschieht es jedoch bisweilen — namentlich, wenn man diese mit sehr reichlichen Mengen heissen Wassers ausgewaschen hat —, dass man von allem Anfang an eine gute Ernte und fast konidienloses Mycel erhält, welches höchstens beim folgenden Versuch zunimmt, aber sich danach sehr langsam verringert; am häufigsten ist das Resultat indes von der Art, wie es oben beschrieben worden ist und in Tabelle 6 veranschaulicht wird.

In den mit Soda gekochten N-Flaschen wurde die maximale Ernte mit wenigen Ausnahmen gleich zu Anfang der Serie erhalten. Die Myceldecke wurde jedoch erst in den späteren Versuchen zusammenhängend, ohne dabei an Gewicht zuzunehmen.

Ueber die sukzessive Veränderung im Aussehen des Pilzes in N-Kolben während dieser Kulturserie kann man sich eine Vorstellung machen aus den in Tafel I wiedergegebenen Figuren. Bei dem ersten Versuch hatte das Mycel das Aussehen, welches Fig. 8 zeigt, mit dem Unterschied, dass es etwas reichlicher sporenbekleidet war. Es durchlief dann die in 10 und 11 abgebildeten Stadien, um sich bei seiner maximalen Entwicklung wie in Fig. 12 darzustellen. Danach begann ein Rückgang auf demselben Weg zu Fig. 10 und dann noch weiter über Fig. 7, 6, 5, 4 und 3, welche letztere der schlechtesten Entwicklungsstufe des Pilzes in der fraglichen Serie entspricht. Nach dem Wechsel in der Sterilisationszeit von 5—30 veränderte der Pilz sein Aussehen von 3—7; das Mycel wurde zusammenhängend, dicker, die Sporenbildung weniger reichlich, die Jodstärkereaktion, die

schwach violett gewesen war, wurde kräftig indigoblau. In den folgenden Versuchen erhielten sich die Eigenschaften des Pilzes der Hauptsache nach unverändert. Bei Anwendung einer in einer Jenaer N-Flasche gekochten Lösung kam ein Mycel von dem Aussehen zustande, welches in Abbildung 18 Tafel III veranschaulicht ist.

Das oben Ausgeführte wird durch die untenstehende Tabelle 6 illustriert. Darin sind aufgenommen die Gewichte des lufttrockenen Mycels in gr und die Resultate der Bestimmungen der Totalazidität, d. h. die Anzahl cm^3 $N/5$ NaOH -Lösung, die für die Neutralisierung von 10 cm^3 Kulturflüssigkeit erforderlich waren.

Tabelle 6.

Versuch	Steril.-Zeit	16-Kolben Nr. 95		N-Kolben Nr. 300		Steril.-Zeit	N-Kolben Nr. 200		16-Kolben Nr. 88	
		Erntegew. gr.	cm^3 $N/5$ NaOH	Erntegew. gr.	cm^3 $N/5$ NaOH		cm^3 $N/5$ NaOH	Erntegew. gr.	cm^3 $N/5$ NaOH	Erntegew. gr.
1	5'	0.21	2.60	0.39	4.90	30'	5.20	0.47	2.65	0.21
2		0.28	2.80	0.59	6.10		6.80	0.67	2.95	0.29
3		0.25	2.90	0.64	7.85		7.85	0.73	3.20	0.32
4		0.30	3.10	0.66	8.30		9.55	0.75	4.15	0.41
5		0.30	3.10	0.63	7.40		9.90	0.77	3.20	0.28
6		0.21	2.60	0.51	5.40		10.70	0.70	2.50	0.19
7		0.22	2.50	0.45	4.25		8.30	0.71	3.10	0.29
8		0.20	2.30	0.48	4.80		8.10	0.68	2.55	0.21
9		0.18	2.70	0.41	4.50		6.60	0.59	2.55	0.21
10	30'	0.25	3.00	0.66	8.20	5'	4.85	0.50	2.60	0.20
11		0.19	2.70	0.60	7.50		3.60	0.34	2.55	0.18
12		0.20	2.75	0.63	8.40		3.30	0.31	2.50	0.16
13		0.20	2.40	0.57	6.55		30'	5.70	0.53	2.60
14	Nährlösung in Jenaer N- Kochflasche sterilisiert.	0.83	7.05	0.80	7.15		6.70	0.87	8.00	0.86
15		0.77	6.50	0.78	6.80		6.40	0.77	6.50	0.77

Die Ursache der geringen Uebereinstimmung, welche die 16-Kolben und die N-Kolben sowohl in dieser wie in den früheren Serien zeigten, ist selbstverständlich in der verschiedenen Zusammensetzung der Glasmasse zu suchen.

Was diese betrifft, habe ich von der Glasfabrik in Jena auf meine Anfrage die Mitteilung erhalten, dass das Jenaer Gerätglas N, welches vor dem Weltkrieg angefertigt wurde, ein Natriumaluminiumzinksilikat und das Gerätglas 16 ein in jüngster Zeit hergestelltes Natriumaluminiumbariumsilikat ist. In einer Arbeit von Dr. H. Hovestadt findet sich S. 174 eine Angabe, dass das »Jenaer Normalglas« folgende Zusammensetzung hat:

SiO_2	B_2O_3	ZnO	Al_2O_3	Na_2O	CaO	Mn_2O_3
67.3	2.0	7.0	2.5	14.0	7.0	0.2 %.

Man darf also aller Wahrscheinlichkeit nach annehmen, dass die N-Kolben aus einem Schmelzprodukt von der vorstehend angegebenen Zusammensetzung verfertigt sind.

Dieselben Resultate wie in den oben geschilderten Versuchen wird, aber weit schneller, erzielt durch Züchtung des Pilzes unter derartigen Bedingungen, dass er reichlich organische Säure bildet. Dieser im Vorhergehenden schon andeutungsweise hervorgehobene Umstand erhellt mit aller wünschenswerten Prägnanz aus der folgenden Serie.

Zehn Jenaer N-Kolben, die nach der Angabe des Lagerverwalters des Chemischen Laboratoriums der Universität, aus dem sie bezogen waren, vorher nicht benutzt waren, wurden mit Bürste und heissem Wasser gewaschen, $\frac{1}{2}$ Stunde mit Wasserdampf behandelt, mit viel kaltem Leitungswasser und schliesslich mit etwas de. tilliertem Wasser ausgespült, abgetropft, trockensterilisiert und mit Nährlösung versehen, die $\frac{1}{2}$ Stunde in den Kolben selbst sterilisiert wurde. Nachdem die Konidien ausgesät waren, wurden die Kulturen bei 35° 3 Tage 18 Stunden stehen gelassen. Während dieser Zeit bildete sich in allen Kolben ein weisses, reich gefaltetes zusammenhängendes Mycel von dem Aussehen

wie in Abbildung 2 Fig. A: Die Kulturen wurden jetzt in zwei Gruppen zu je 5 Stück verteilt: A und B. Die der Gruppe A angehörenden wurden geerntet und die Flaschen nach gewöhnlicher Auswaschung weiter dreimal nacheinander zu völlig gleichen Versuchen verwendet. Die mittleren Gewichte der Mycelien und die Totalazidität in 10 cm³ Kulturflüssigkeit, letztere wie gewöhnlich mit *N/5 NaOH*-Lösung bestimmt, waren in diesen vier Versuchen:

	1.	2.	3.	4.
Erntegewichte gr	0.82	0.86	0.89	0.87
cm ³ <i>N/5 NaOH</i>	8.25	7.40	8.80	8.20

Von den Kulturen der Gruppe B wurde die Flüssigkeit abgossen und durch 5 % Saccharoselösung ersetzt. Nachdem das Mycel 2 Tage 18 Stunden bei 35° stehen gelassen worden war, wurden die Kulturen geerntet.

Dieses Verfahren: zuerst Züchtung des Pilzes bis 3 Tage 18 Stunden, danach Ueberführung auf 5 % Saccharoselösung, wurde im ganzen viermal wiederholt. In dem vierten Versuch wurde jedoch eine Kultur im Alter von 3 Tagen 18 Stunden geerntet, die anderen wurden auf Saccharoselösung übergeführt. Die Totalazidität und die Trockensubstanz betragen bei vier sukzessiven Versuchen in den Kulturen auf Saccharoselösung im Mittel:

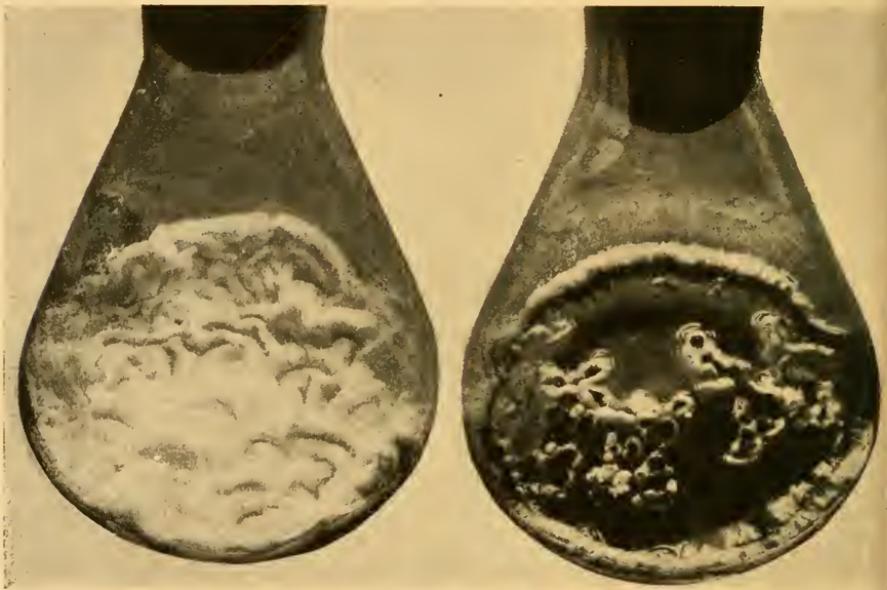
	1.	2.	3.	4.
Erntegewichte gr	1.42	1.30	1.10	0.71
cm ³ <i>N/5 NaOH</i>	12.70	13.05	18.75	12.40

In der einen, nach 3 Tagen 18 Stunden auf ursprünglicher Nährlösung geernteten Kultur waren die entsprechenden Beträge:

0.39 gr und
10.10 cm³ *N/5 NaOH*.

Beim Vergleich derselben mit der Trockensubstanz und der Totalazidität in den Kulturen des vierten Versuches,

Gruppe A tritt die Differenz klar zutage. Während diese Kulturen in allen vier Versuchen gleich grosse Ernten gaben und dasselbe Aussehen wie im ersten behielten, hatten jene insofern eine sehr auffallende Veränderung erlitten, als die Myceldecke immer weniger zusammenhängend und immer mehr sporentragend (vgl. Abbildung 2), die Totalazidität grösser und die Pilzstärkebildung, oder richtiger die Pilzstärkebildung in der Flüssigkeit, schwächer geworden war.



A

Abbildung 2.

B

Verkleinerung auf ungefähr zwei Drittel der natürlichen Grösse.

In dem darauffolgenden Versuch wurde ein noch schlechterer, fast aus freistehenden Sporengruppen bestehender Mycelüberzug produziert, welcher bei der Züchtung des Pilzes unter gewöhnlichen Bedingungen seinen Habitus nicht veränderte.

Aus den früheren Versuchen ging hervor, dass das Kochen der Citronensäurelösung in den »giftigen« Kolben keine Veränderungen der Eigenschaften dieser Gefässe herbeiführte,

aus dem letzten hinwieder, dass neue Kolben sich unter der Einwirkung citronensäurehaltiger Nährlösung während der Entwicklung des Pilzes in hohem Grade veränderten. Ich fragte mich nun, ob diese Veränderung durch irgendeine chemische Wirkung und zwar zunächst durch die Behandlung mit Citronensäurelösung verursacht werden könne.

Um in diese Frage Licht zu bringen, behandelte ich neue N-Kolben 5 Stunden lang mit 3—5 % Citronensäurelösung im Sterilisator, wusch sie mit der Bürste, heissem und kaltem Leitungswasser und spülte sie mit destilliertem Wasser aus. Es entwickelten sich in ihnen a) völlig weisse, sehr reichgewellte, dünne, dicht an die Flaschenwand gedrückte, mit zerfaserten Rändern versehene Myceldecken. In den Kontrollkolben, d. h. in solchen, die nicht mit Citronensäurelösung behandelt worden waren, zeigte sich dagegen b) ein etwas dickerer, mit schwach einwärts gerollten Rändern versehener Mycelüberzug, auf dem Konidienköpfe in einzelnen Gruppen zum Vorschein kamen. Nach 3 Tagen 18 Stunden wurden die Kulturen geerntet. Die Bestimmung der Trockensubstanz und der Totalazidität in 10 cm³ Flüssigkeit ergab da im Mittel folgende Werte:

	a	b
cm ³ N/5 NaOH	7.15	8.25
Ernte gr	0.96	0.82

Bei einem anderen Versuch in mit Citronensäurelösung behandelten Kolben wurde gleichfalls eine völlig sporenlose, aber im Gegensatz zu früher undicht entwickelte Myceldecke ausgebildet. Aus diesen beiden zuletzt referierten Serien erhellt mithin, dass eine k r ä f t i g e Behandlung der Kolben mit Citronensäurelösung die Konidienbildung jedenfalls nicht unmittelbar förderte.

Da ich vermutete, dass starke Mineralsäure aller Wahrscheinlichkeit nach eine Einwirkung von entgegengesetzter Art wie Soda- oder Natriumhydroxydlösung ausüben werde, kochte ich einige Flaschen zu wiederholten Malen erst mit ca. 25 % Salzsäure und dann mit Wasser. Leider konnte ich keine unbenutzten N-Flaschen erhalten, weshalb ich diesen

Versuch in solchen ausführte, die zuerst mit Sodalösung ausgekocht worden waren und sich zurzeit in einem derartigen Stadium befanden, dass sich weisse Myceldecken in ihnen bildeten. Eigentümlicherweise blieben sie jedoch auch nach dieser Behandlung weiss und undicht. Es hatte also anfangs den Anschein, als erlitten die Kolben nur während der Lebenstätigkeit des Pilzes Veränderungen, welche die Entstehung der konidienreichen Form bedingten. Dass dies aber nicht der Fall war, konnte ich gleichwohl etwas später konstatieren, als ich zu ermitteln versuchte, ob eine Behandlung bei niedrigerer Temperatur eine Veränderung der Flaschen in gewünschter Richtung zur Folge habe. Ich behandelte sie 3 Tage lang teils bei Zimmertemperatur, teils bei 35° mit

- 1) konzentrierter Salzsäure,
- 2) Nährlösung minus Saccharose,
- 3) Nährlösung,
- 4) schwach citronensaurer ca. 1 % Ammoniumcitratlösung und
- 5) ca. 3 % Citronensäurelösung.

Nachdem die Kolben in gewöhnlicher Weise mit Bürste und warmem Wasser gewaschen waren, verteilte ich die der gleichen Behandlung unterzogenen in zwei Gruppen. In den der ersten Gruppe angehörigen Kolben wurde die Nährlösung $\frac{1}{2}$ Stunde, in den anderen 5 Minuten sterilisiert.

In den mit Salzsäure behandelten Kolben wurden in beiden Fällen etwas undichte und nahezu vollständig konidienfreie Kulturen produziert, in allen nach 2)–5) behandelten entwickelten sich Myceldecken, die undichter als nach der Behandlung mit Sodalösung und ausserdem verhältnismässig reichlich sporenbekleidet waren. In den nur 5 Minuten sterilisierten Kulturen war die Konidienbildung beträchtlich stärker hervortretend als in denen, welche $\frac{1}{2}$ Stunde sterilisiert wurden. Die meisten Sporen und die undichteste Myceldecke fanden sich in den Kolben, die bei Zimmertemperatur mit verdünnter Ammoniumcitratlösung behandelt und deren Nährlösung 5 Minuten sterilisiert worden war, die also mit anderen Worten eine relativ schwache Einwirkung erfahren hatten.

III.

Versuche, die verschiedene Entwicklung durch chemische Reize aufzuklären.

Da nun festgestellt ist, dass in Jenaer N-Kolben Stoffe zugegen sind, welche die Produktion der Mycelsubstanz auf Kosten der Konidienbildung befördern, stellt sich die Frage in den Vordergrund, welches diese Stoffe seien. Es gilt hierbei zunächst, die verschiedenen Bestandteile des Glases zu ermitteln. Ursprünglich war es meine Absicht, durch eine Analyse eine sichere Kenntnis darüber zu gewinnen zu suchen, welche Stoffe in dieser Glassorte enthalten sind; die bei den Züchtungen gemachten Beobachtungen liessen aber vermuten, dass die Substanzmengen, auf die *Aspergillus niger* reagiert, so gering seien, dass sie nicht einmal an die Menge der Verunreinigungen heranreichen, welche sich bei der Arbeit aus den Gefässen, dem Wasser, der Luft und den Reagentien einschleichen und die Resultate unanwendbar machen können. Daher verzichtete ich auf diese aller Vermutung nach ausserordentlich beschwerliche Arbeit, und da sich auch die Voraussetzungen zur Erreichung dieses Zieles vermittels einer spektroskopischen Untersuchung¹⁾ als verschwindend gering erwiesen, entschloss ich mich, das Reaktionsvermögen von *Aspergillus niger* nur gegen die bestimmt im Jenaer Glas enthaltenen Stoffe (vgl. S. 48) zu prüfen. Dabei wählte ich folgendes Verfahren.

Der Pilz wurde in Platin-, Quarz- und Glasgefässen gezüchtet. Einige einzelne Versuche wurden ausserdem in Porzellanschalen ausgeführt. Die Stoffe, deren Einwirkung studiert wurde, führte ich in Form von Lösungen von geeigneter Stärke oder bei sicher wägbaren Mengen in Substanz in die fertig sterilisierte Nährlösung ein.

Die Umkristallisierung der angewendeten Substanzen wurde nicht aus denselben Gründen vorgenommen, die mich

¹⁾ Herrn Dr. H. Lunelund, der mich bei den vorbereitenden Arbeiten zu einer spektroskopischen Untersuchung mit wertvollem Rat unterstützt hat, erlaube ich mir an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

davon abhielten, das Glas zu analysieren. $\frac{1}{2}$ l von dem gebrauchten destillierten Wasser liess, in einer Platinschale eingedunstet, keinen sichtbaren oder wägbaren Rest zurück.

Während der Entwicklung wurde der Zeitpunkt des Keimens und der Konidienbildung, wenn eine solche stattfand aufgezeichnet. Bei der Ernte wurde die Totalazidität in 10 cm^3 Kulturflüssigkeit, das Vorhandensein oder Fehlen von Pilzstärke und schliesslich das Gewicht der produzierten Trockensubstanz, lufttrocken gewogen, festgestellt.

Der erste, der den Einfluss verschiedener Metallsalze auf das Wachstum von *Aspergillus niger* untersucht hat, war R a u l i n. Durch seine Arbeiten wies er nach, dass kleine Mengen Eisen und Zinksulfat sowie Kaliumsilikat das Wachstum in den Kulturen der fraglichen Pilzart in hohem Grade steigerten. Seine Ergebnisse sind von R i c h a r d s und von M o l i s c h, die sie bestätigen konnten, einer Kontrolle unterworfen worden. Der letztere, welcher das Vorkommen von Eisen bei Pflanzen untersuchte, ging so weit anzunehmen, dass Eisen für *Aspergillus niger* unentbehrlich sei, und sprach weiter die Ansicht aus, dass es in hohem Grade wahrscheinlich sei, »dass das für *Aspergillus* Bewiesene auch für die anderen Pilze gilt«. Etwas später wurde jedoch von A. M e y e r und C. M ü l l e r dargetan, dass die von Molisch angewandte Methode zum Nachweis kleiner Mengen Eisen nicht zuverlässig gewesen ist, und damit wurde natürlich auch die Haltbarkeit ihrer Theorie zweifelhaft.

Später sind Untersuchungen zur Erforschung des Einflusses mehrerer anderen Metalle auf *Aspergillus niger* in weitem Umfang angestellt worden. Bei diesen Arbeiten sind indes Grundnährlösungen von wechselnder Zusammensetzung und Kulturgefässe von verschiedener Beschaffenheit zur Anwendung gekommen, weshalb die früheren Resultate gegenüber meinen Erfahrungen entschieden einer Nachprüfung bedürfen.

Ich beschloss, die Einwirkung auf *Aspergillus niger* in der von mir gebrauchten Nährlösung seitens folgender Stoffe zu untersuchen: Al^{+++} , Ba^{++} , Ca^{++} , Fe^{++} , Fe^{+++} , Mn^{++} , Na^+ , Zn^{++} . $\text{B}_2 \text{O}_3$ und Si O_2 . Die diesbezüglichen Arbeiten umfassen

zwei Serien, A und B. In der ersten betrug die Versuchszeit 4 $\frac{1}{2}$ Tage. Die Nährlösung wurde $\frac{1}{2}$ Stunde sterilisiert. Als Kohlenstoffquelle diente Saccharose Tölö I, und ausser Quarz- und Platinschalen wurden in einigen Fällen Erlenmeyerkolben gebraucht. Diese waren alle aus Jenaer N-Glas und vorher mit Sodalösung ausgekocht. In der Serie B kamen ausschliesslich Quarz- und Platinschalen zur Verwendung; die Versuchszeit war nur 3 $\frac{1}{2}$ Tage. Die Nährlösung wurde 5 Minuten sterilisiert. Da Saccharose Tölö I nicht mehr erhältlich und Saccharose Tölö II, wie früher angedeutet, nicht ganz weiss war, wurde Saccharose von Kahlbaum benutzt. In der Serie A wurden die Kulturgefässe durch Kochen mit destilliertem Wasser gereinigt, in B wurden die Schalen mit einer Mischung von konzentriertem *HCl*, ein Teil, und destilliertem Wasser, zwei Teile, und danach zweimal mit destilliertem Wasser gefüllt gekocht.

Hier muss ein höchst merkwürdiger Umstand hervor gehoben werden. Die Mycelien in den Kontrollkulturen, d. h. diejenigen ohne allen Zusatz, zeigten in der Serie B eine viel kräftigere Entwicklung als in A und nahmen ausserdem bei den vier sukzessiven Versuchen in den Platinschalen an Ueppigkeit zu. Das Mycelgewicht wies dabei folgende Variationen auf: 0.33, 0.49, 0.65 und 0.73 gr. Während des fünften Versuches war es geringer und zwar 0.55 gr, während der zwei letzten Reihen der Serie 0.74 bezw. 0.67 gr. Das Gewicht des Mycels bei der Kontrollkultur in Quarzschalen war durchgängig sehr hoch: ca. 100 % grösser als für gewöhnlich. Die Konidienbildung war sowohl in Platin- als in Quarzgefässen erheblich reduziert.

Da ich mich durch eine Kulturserie, die in Quarz- und Platinschalen sowie in 16-Kolben ausgeführt wurde, überzeugt hatte, dass bei der Anwendung von Saccharose Tölö I fortwährend dieselben Resultate wie früher erhalten wurden, war die einzige mögliche Erklärung dieser neuen Ueerraschung die, dass die Zuckerpräparate verschieden waren. Auf diese Frage werde ich weiter unten (S. 73) zurückkommen.

Hier folgen zunächst einige Tabellen, welche die Ergebnisse in Serie A (Tab. 7—10) und B (Tab. 11—17) veran-

schaulichen. In Tabelle 18 a, b und c werden die Resultate von Versuchen mit verschiedenen Saccharosepräparaten, in Tabelle 19 die des Versuchs mit *NaOH*-Zusatz mitgeteilt. Das letzterwähnte Experiment wurde mit Saccharose Tölö I als Kohlenstoffquelle ausgeführt, die Nährlösung wurde nur 5 Minuten sterilisiert und die Versuchszeit auf 3 ½ Tage ausgedehnt, woraus folgt, dass die Tabelle weder unter die Serie A noch unter B aufgenommen werden kann. Etwas isoliert stehen auch die Versuche Tabelle 20—23, doch werden sie gleichwohl am geeignetsten in diesem Zusammenhang untergebracht. (Siehe die Erklärung S. 65—74.)

Serie A.

Tabelle 7.

Kultur- gefässe aus	<i>Kaliumsilikat</i>	0 %	0.001 %	0.003 %	0.005 %	0.01 %
Platin	Konidien	++	++	++	++	++
	Erntegewichte gr .	0.30	0.27	0.25	0.28	0.28
Quarz	Konidien	++		++	++	
	Erntegewichte gr .	0.27		0.17	0.19	
N-Glas	Konidien 	+ sehr spärlich		+ sehr spärlich		
	Erntegewichte gr .	0.87		0.84		

Tabelle 8.

Kultur- gefässe aus	<i>Borsäure, krist.</i>	0 %	0.1 %	0.3 %	0.5 %	1 %
Platin	Konidien	++	++	++	++	—
	Erntegewichte gr .	0.31	0.32	0.37	0.49	0.07 Keimung verspätet.
Quarz	Konidien	++	++		++	
	Erntegewichte gr .	0.34	0.36		0.51	
N-Glas	Konidien	+ sehr spärlich			+ sehr spärlich	
	Erntegewichte gr .	0.94			0.77	

Tabelle 9.

Kultur- gefäße aus	<i>Ferrosulfat, krist.</i>	0 %	0.005 %	0.01 %	0.12 %	0.20 %
Platin	Konidien	++	++	++	++	+
	Erntegewichte gr .	0.32	0.54	0.86	0.77	0.74
sehr gefaltete Decken						
Quarz	Konidien	++		++	++	
	Erntegewichte gr .	0.23		0.85	0.75	
sehr gefaltete Decken						

Tabelle 10.

Kultur- gefäße aus	<i>Zinksulfat, krist.</i>	0 %	0.001 %	0.003 %	0.005 %	0.01 %
Platin	Konidien	++	—	—	—	—
	Erntegewichte gr .	0.30	0.86	0.81	0.80	0.74
Quarz	Konidien	++		—	—	
	Erntegewichte gr .	0.32		0.87	0.87	
N-Glas	Konidien	±		—		
	Erntegewichte gr .	0.94		0.86		

Serie B.

Tabelle 11.

Kultur- gefäße aus	<i>Aluminiumsulfat, krist.</i>	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . . .	4.60	4.05	5.50	3.90	3.70
	Reakt. mit J. . . .	—	—	blau ±	blau ±	violett ±
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr .	0.33	0.38	0.45	0.43	0.37
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . . .	9.50	6.50	6.30	3.00	3.00
	Reakt. mit J. . . .	+	—	±	sehr schwach	
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr .	0.67	0.49	0.49	0.40	0.28

Tabelle 12.

Kultur- gefäße aus	Manganosulfat, krist.	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . . .	10.20	8.30	10.40	9.90	10.30
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+ wenig
	Erntegewichte gr .	0.49	0.80	0.96	0.92	1.09 grauweiße Decke
schwarze Decken						
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . . .	8.80	8.20	8.90	8.70	10.00
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+ spärlich
	Erntegewichte gr .	0.66	0.88	0.89	0.93	1.06

Tabelle 13.

Kultur- gefäße aus	Zinksulfat, krist.	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . . .	7.50	7.50	7.40	4.00	2.40
	Reakt. mit J. . . .	+	++	+	sehr schwach	—
	Konidien	+	—	—	—	—
	Erntegewichte gr .	0.65	0.90	0.89	0.43 sterile Polster.	0.034 Schleim, submers.
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . . .	7.40	6.70	6.65	4.25	2.05
	Reakt. mit J. . . .	+	++	+	sehr schwach	—
	Konidien	+	—	—	—	—
	Erntegewichte gr .	0.60	0.85	0.85	0.41	0.03

Tabelle 14.

Kultur- gefäße aus	<i>Ferrisulfat.</i>	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	11.90	11.00	9.40	Kulturen verunglückt	6.40
	Reakt. mit. J. . . .	+ +	+ +	+ +		+
	Konidien	+	+	+		+
	Erntegewichte gr .	0.73	0.84	0.85		0.87
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	9.10	9.20	8.60		5.50
	Reakt. mit. J. . . .	+ +	+ +	+ +		+
	Konidien	+	+	+		+
	Erntegewichte gr .	0.70	0.65	0.75		0.82

Tabelle 15.

Kultur- gefäße aus	<i>Ferrosulfat, krist.</i>	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	5.30	5.45	5.05	5.30	6.20
	Reakt. mit. J. . . .	+	+	+	+ +	+ +
	Konidien	+ +	+ +	+ +	+ +	+
	Erntegewichte gr .	0.55	0.56	0.62	0.81	1.00
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	5.80	6.70	5.00	6.25	4.75
	Reakt. mit. J. . . .	+	+	+	+ +	+ +
	Konidien	+ +	+	+ +	+ +	+
	Erntegewichte gr .	0.54	0.57	0.63	0.83	1.00

Tabelle 16.

Kultur- gefässe aus	<i>Bariumchlorid,</i> <i>krist.</i>	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	8.90	8.20	8.50	7.65	7.05
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr.	0.74	0.65	0.72	0.60	0.61
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	8.45	7.60	8.30	7.05	5.50
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	grünlich	grünlich
	Erntegewichte gr.	0.59	0.48	0.59	0.59	0.51

Tabelle 17.

Kultur- gefässe aus	<i>Calciumchlorid,</i> <i>krist.</i>	0 %	0.0002 %	0.002 %	0.04 %	0.20 %
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	9.80	8.10	8.80	9.60	14.50
	Reakt. mit J. . . .	+	violett	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr.	0.67	0.58	0.63	0.63	0.76
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	8.10	8.80	8.80	9.70	12.25
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr.	0.62	0.52	0.53	0.58	0.73

Tabelle 18 a.

Kulturen mit verschiedenen Saccharose-Präparaten.

Kulturgefäße aus		Saccharose von Kahlbaum		Saccharose Tölö I		Saccharose Tölö II	
Platin	cm ³ $\frac{N}{5}$ NaOH . . .	10.5	9.25	3.40	3.35	4.50	
	Reakt. mit J. . . .	+	+	—	—	—	
	Konidien	+	+	++	++	++	
	Erntegewichte gr.	0.98	0.80	0.30	0.23	0.34	
Quarz	cm ³ $\frac{N}{5}$ NaOH . .	8.50	10.20	3.20	3.00	3.20	3.10
	Reakt. mit J. . . .	+	+	—	—	—	—
	Konidien	+	+	++	++	++	++
	Erntegewichte gr.	0.63	0.75	0.30	0.25	0.32	0.29

Tabelle 18 b.

Die Kulturen wurden verschieden lange sterilisiert.

1). Nährlösung mit Saccharose von Kahlbaum.

Kulturgefäße aus	Sterilis.-Zeit	5'		15'		30'
Platin	cm ³ $\frac{N}{5}$ NaOH . .	9.80	9.50	10.50	11.80	12.75
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr.	0.81	0.79	0.75	0.79	0.82
		volle, schwarze, weissumrandete Decken				↑ Konidienbildung deutlich reduziert ↓
Quarz	cm ³ $\frac{N}{5}$ NaOH . .	9.55	8.80	9.10	9.40	11.80
	Reakt. mit J. . . .	+	+	+	+	+
	Konidien	+	+	+	+	+
	Erntegewichte gr.	0.70	0.65	0.69	0.66	0.76
		volle, schwarz—grauschwarze Decken				

Tabelle 18 c.

2). Nährlösung mit Saccharose Töölö II.

Kultur- gefäße aus	Sterilis.-Zeit	5'		15'		30'
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	3.90	8.25*	4.00	3.75	3.95
	Reakt. mit J. . . .	—	+	—	—	—
	Konidien	++	+	++	++	++
	Erntegewichte gr.	0.33	0.89	0.30	0.33	0.31
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	3.05	3.30	2.90	3.30	3.50
	Reakt. mit J. . . .	—	—	—	—	—
	Konidien	++	++	++	++	++
	Erntegewichte gr.	0.25	0.28	0.21	0.31	0.32

Tabelle 19.

Kultur- gefäße aus	NaOH	0%	0.016%	0.032%	0.064%	0.096%
Platin	cm ³ N/5 NaOH . .	4.40	4.30	4.75	5.60	6.50
	Reakt. mit J. . . .	—	—	—	—	—
	Konidien	++	++	++	++	++
	Erntegewichte gr.	0.30	0.31	0.34	0.36	0.36
		schwarze Polster Tafel I Fig. 1		nahezu volle Decke	volle Decken Keimung etwas verspätet	
						Tafel II Fig. 11
Quarz	cm ³ N/5 NaOH . .	3.00			6.00	
	Reakt. mit J. . . .	—			—	
	Konidien	++			++	
	Erntegewichte gr.	0.22			0.30	
						Decke wie Fig. 11

*) Kontrollkultur ; Zu dieser Kultur wurde eine in einer 1 1/2 l Jenaer N-Kochflasche 1/2 St. sterilisierte Nährlösung gebraucht.

Kultur- gefäße aus	NaOH	0 %	0.016 %	0.032 %	0.064 %	0.096 %
Jenaer N-Glas	cm ³ N/8 NaOH . .	8.55		9.90		7.40
	Reakt. mit J. . . .	+		+		+ violett
	Konidien	+ sehr spärlich		+ sehr spärlich		+
	Erntegewichte gr.	0.73		0.79		0.74
		Undichte weisse Decke		stark gefäl- tete nahezu weisse Decke Tafel II Fig. 12		Keimung etwas ver- spätet Darauf ras- ches, allem An- schein nach beim Ernten noch fort- dauerndes Wach- stum. Schwarz- graue, volle Decke. Tafel II Fig. 13

Tabelle 20.

Versuche mit wechselnden Mengen krist. Zinksulfat von 0.0002—0.10 % in folgenden Kulturgefäßen: I = 2 Platinschalen, II = 2 N-Kolben, III = 18 16-Kolben. Für jeden Konzentrationsgrad wurden zwei Parallelkulturen in den 16-Kolben angelegt. Zwei Kulturen in den Platin- und zwei in den N-Kolben ohne Zusatz von Zink wurden gleichzeitig hergestellt; dieselben sollten nur die früheren Erfahrungen über die allgemeine Entwicklung des Pilzes bestätigen. Nährlösung mit Saccharose Tölö I. Sterilisationszeit ½ Stunde. Kulturdauer 10 Tage.

	ZnSO ₄ krist. in %	
I	0	Von Sporen schwarze, undichte Mycelien.
II	0	Weisse, mehr oder weniger undichte Mycelien.
III	0	Von Sporen schwarze, undichte Mycelien.
	0.0002	Weisse, zusammenhängende, sehr kräftige Mycelien.
	0.0006	Wie oben.
	0.001	Weisse, zusammenhängende, kräftige Mycelien.
	0.003	Wie oben.
	0.005	Wie oben weisses, aber schwaches Mycel, vom 7. Tage an schwach submers.

$ZnSO_4$ krist. in ‰		
III	0.01	Wie oben, aber noch schwächer, vom 6.—7. Tage an vollständig submers.
	0.06	Die Kulturen tragen das Gepräge der Vergiftung; Keimung etwas verspätet. Mycel undicht.
	0.10	Wie oben, nur in höherem Grad. Keimung mindestens einen ganzen Tag verspätet.

Tabelle 21.

Versuche mit Zusatz von Zinksulfat von 0.00001—0.0002 % in 16-Kolben. Alle Kulturbedingungen wie oben.

$ZnSO_4$ krist. in ‰		
1.	0	Undichtes, von Sporen schwarzes Mycel.
2.	0.00001	» » » » » in dem einen Kolben, in dem anderen kräftiges, zusammenhängendes, ziemlich reichlich sporentragendes Mycel.
3.	0.00002	In beiden Parallelkulturen kräftige, ziemlich reichlich sporentragende Myceldecken.
4.	0.0002	In beiden Parallelkulturen miteinander und mit den früheren (Tab. 20) Befunden vergleichbare weisse, kräftige Mycelien.

Tabelle 22.

Versuche mit Zusatz von Zinksulfat von 0.000002—0.002 % in 16-Kolben. Alle Kulturbedingungen wie oben.

$ZnSO_4$ krist. in ‰		
1.	0	Undicht entwickelte, von Sporen schwarze Mycelien.
2.	0.000002	Undicht entwickelte, von Sporen schwarze Mycelien.
3.	0.00002	Kräftige, höckerig wellige, weiss graugesprenkelte Mycelien.
4.	0.0002	Kräftige, weisse Myceldecken.
5.	0.002	» » »

Tabelle 23.

Versuche mit Zusatz von *NaOH* wie von *ZnSO₄* krist. in derselben Nährlösung. (Siehe Erklärung im Text S. 71.)

Kultur- gefäße	Ernte gr	
Platin	1. Urspr. Nährlös. 0.36	Nach 3 Tagen keine sichtbare Entwicklung.
	2. Urspr. Nährlös. + 0.01 gr <i>NaOH</i> 0.51	Neubildung von Mycel gleich nach dem Alkalizusatz.
	3. Urspr. Nährlös. + 0.0028 gr <i>ZnSO₄</i> krist. 0.82	Wie im vorhergehenden Fall, aber kräftiger.
	4. Urspr. Nährlös. + 0.01 gr <i>NaOH</i> + 0.0028 gr <i>ZnSO₄</i> 0.87	Wie im vorhergehenden Fall, aber noch kräftiger.
Jenaer 16-Glas	5. Urspr. Nährlös., im voraus in einem Jenaer N-Kolben sterilisiert 0.66	Weisse, volle, sehr gefaltete Decken.

Aus Tabelle 7 ersieht man, dass *Kaliumsilikat* in Platin- und Glasgefäßen keine Zunahme der Ernte bewirkte; in Quarzgefäßen wurde eine unverkennbare Abnahme konstatiert. Der allgemeine Habitus des Pilzes blieb unverändert. In den Platin- und Quarzschalen war die Myceldecke schwarz und undicht, in den mit Sodalösung ausgekochten N-Kolben, die hierbei gebraucht wurden, war sie wie in den erstgenannten Gefäßen undicht entwickelt, machte aber im Gegensatz zu ihnen einen weissen Eindruck. Sowohl Raulin als Richards hat eine recht erhebliche Zunahme der produzierten Trockensubstanz bei Zusatz von Kaliumsilikat zu der von ihnen angewandten Nährlösung notiert. Dies war also bei meiner Nährlösung nicht der Fall.

Was die physiologische Wirkung der *Borsäure* (Tabelle 8) betrifft, stimmen die wenigen in der Literatur anzutreffenden

Angaben darin überein, dass sie in sehr geringen Konzentrationen das Wachstum höherer Pflanzen stimuliert; bei Hefe und *Aspergillus* konnte das gleiche nicht konstatiert werden (zit. nach Czapek S. 194).

Mit einem Zusatz von 0.5 % Borsäure zu meiner Nährlösung erhielt ich in den Platin- und Quarzschalen eine grössere Ernte als ohne diese Substanz, wobei die Sporenbildung wie in den Kulturen ohne Borsäure sehr reichlich war. 1 % wirkte entschieden hemmend. Bei der Züchtung in N-Kolben verursachte 0.5 % Borsäure eine Verringerung des Mycelgewichts. Dies stimmt mit dem Resultat W a t e r m a n's (S. 581) überein. Auch für die Konidienbildung, die in diesem Fall sehr herabgesetzt war, habe ich seine in Jenaer Glas erhaltenen Resultate bestätigen können.

Im Gegensatz zu Kaliumsilikat und Borsäure wirkt *Eisen*, sowohl in Form von Ferro- als von Ferri-ionen zu meiner Nährlösung hinzugesetzt, stark stimulierend auf das Wachstum von *Aspergillus niger* ein (siehe Tabelle 9, 14 und 15). Mit 0.2 % Ferrosulfat wurde eine grössere Maximalernte erzielt als mit dem Ferrisalz. Hinsichtlich der Konidienbildung bei der Züchtung des Pilzes in Ferrosulfat enthaltenden Lösungen gehen die Beobachtungen von Richards, der den Einfluss der genannten Substanz auf *Aspergillus niger* untersucht hat, und die meinigen auseinander. Bei einem Gehalt von 0.13 % blieben seine Kulturen vollständig steril, während in meinen noch bei Zusatz von 0.2 % eine deutliche, obwohl schon abgeschwächte Konidienbildung stattfand, die auf 0.12 % Ferrosulfat sehr reichlich war. Dies gilt von Kulturen in Platin- und Quarzschalen.

In Jenaer N-Kolben wurden in zwei Serien, wo eine grössere Anzahl Kulturen mit stark variierenden Mengen Ferrosulfat zur Beobachtung gelangten, auf die ich aber aus Raumgründen hier nicht näher eingehe, Konidien am reichlichsten in den Kulturen mit einem Gehalt von Spuren — 0.02 % Ferrosulfat produziert. Ihre Bildung war bei Anwendung von 0.033—0.10 % sehr beträchtlich herabgesetzt und bei 0.2 % ausserordentlich gering, ja fast gleich Null.

Dies stimmt besser mit Richards Angabe überein als das oben Angeführte.

Abgesehen davon, dass das Eisen ein das Wachstum stimulierender Stoff ist, scheint es für *Aspergillus niger* eine spezielle Funktion zu besitzen bei der Produktion des dunkel-violetten Konidienpigmentes, welches sich nach den Angaben von Linossier (II) durch Eisengehalt auszeichnet.

Nach einem Blick auf die Ergebnisse der verschiedenen Versuche, die mit *Aluminiumsulfat*, *Bariumchlorid* und *Calciumchlorid* ausgeführt worden sind (Tabelle 11, 16 und 17), können wir feststellen, dass Zusatz dieser Salze zu meiner Nährlösung keine Steigerung der Mycelproduktion im Gefolge hatte. Was die Keimbarkeit der Konidien und den Habitus der Myceldecken anbelangt, waren die Kulturen, in denen die eine oder die andere dieser Substanzen enthalten war, der Hauptsache nach mit denen vergleichbar, welche der genannten Stoffe entbehrten. Bei Zusatz von 0.0002—0.2 % Aluminiumsulfat wurde auch eine Abnahme der Mycelproduktion, ja sogar eine deutliche toxische Einwirkung bei Züchtung in einer Nährlösung mit einem Gehalt von 0.2 % Aluminiumsulfat konstatiert (Tafel II, Fig. 1 ohne, Fig. 2 mit 0.2 % Aluminiumsulfat; in der letztgenannten Kultur besteht die Myceldecke in der Mitte aus schwarzen Inseln, während sie in der erstgenannten durchaus zusammenhängend ist)¹. Die Konidienbildung war in sämtlichen Aluminium enthaltenden Kulturen sehr intensiv.

Die einzige Einwirkung, die der Pilz seitens des Bariumchlorids erfahren zu haben scheint, war die, dass die Konidien in einigen Kulturen eine hell olivengrüne Farbe zeigten, die in den Quarzschalen mit 0.04 und 0.2 % Bariumchlorid besonders hervortrat.

0.2. % Calciumchlorid, zur Nährlösung hinzugesetzt, verursachte eine bemerkenswerte Erhöhung der Totalazidität infolge Bildung von Citronensäure; Anwesenheit von Oxalsäure konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

¹) Dieselbe giftige Wirkung zeigte 0.2% Aluminiumsulfat auch in hier nicht besprochenen Kulturen, deren Nährlösung mit Saccharose Tölö I oder II zubereitet war.

Auf den Umstand, dass in Calciumchlorid enthaltenden Zuckerlösungen eine produktive Bildung von Citronensäure stattfindet, hat Professor Elfving (I) für β aufmerksam gemacht, und dies dürfte mithin auch für den Stamm Nr. 7 gelten.

Hinsichtlich seiner Reizwirkungen gehört das *Mangan* zu den besser studierten Elementen. Für *Aspergillus niger* hat einerseits Göszl dargetan, dass Mangansulfat in Mengen von 0.1—10 % den Nährlösung zugesetzt stets die Mycelbildung befördert und dass bei wachsendem Mangangehalt die Sporenproduktion intensiver wurde. Sogar auf 20—25 % Mangansulfatlösung entwickelte sich der Pilz. Andererseits haben Bertrand, Javillier und Waterman nachgewiesen, dass schon so ausserordentlich geringe Mengen wie 1 mgr Mangansalz pro 10.000 l eine stimulierende Wirkung hervorrufen, eine Wirkung, die sich hauptsächlich in vermehrter Konidienbildung äussert.

Ich habe ebenfalls die stimulierende Wirkung beim Hinzufügen einer kleinen Menge Mangan konstatiert, konnte ausserdem bei Zusatz von grösseren Quantitäten Mangansalz bis 4 % Sulfat eine geradezu staunenerregende Fähigkeit des *Aspergillus* finden, in stark manganhaltigen Lösungen zu leben und sich zu entwickeln. Auf einer Nährlösung, die 0.0002—0.04 % Mangansulfat enthielt, war die Konidienbildung sehr intensiv, bei einer Konzentration von 0.2—1 und 2 % war die Produktion erheblich weniger hervortretend und bei 4 % wiederum ausgiebig, aber lange nicht so intensiv wie bei 0.04 %. Die Mycelien, welche sich auf Nährlösungen mit 2—4 % $MnSO_4$ krist. entwickelt haben, sind dick, kräftig, mit stark auf- und eingerollten Rändern. Pilzstärke wird ungemein intensiv gebildet. Die Konidienköpfe sind sehr gross und sitzen an ungewöhnlich langen Stielen. Die Totalazidität ist nicht besonders auffallend, unter allen Umständen ist sie geringer als in den Kontrollkulturen ohne Mangan. Oxalsäure konnte nicht nachgewiesen werden. Dass der Pilz auf 4 % und erheblich stärkeren (vgl. oben) Mangansalzlösungen keimen und sich entwickeln kann, während eine Konzentration von 0.04 % Zinksulfat (siehe S. 70) schon entschieden hemmend auf das Wachstum

einwirkt, ist sehr bemerkenswert¹⁾. Eine anziehende und ganz sicher dankbare Aufgabe wäre es, die Rolle des Mn-Ions im Stoffwechselprozess bei *Aspergillus niger* aufzuhellen zu suchen. (Tafel II, Fig 1 ohne, 3= mit 0.04 %, 4=0.2 %, 5=2 % und 6=4 % $MnSO_4$ krist. — Nährlös. Saccharose von Kahlbaum).

Dass *Zinksulfat* das Wachstum von *Aspergillus niger* besonders stark stimuliert, wurde schon von Raulin nachgewiesen. Spätere von verschiedenen Seiten ausgeführte Untersuchungen haben dies bestätigt. Diese Tatsache im Verein mit dem Umstand, dass nach Mitteilung der Jenaer Fabrik Zink einen Bestandteil des N-Glases darstellt, veranlasste mich eine ganze Anzahl Versuche auszuführen, um die Wirkung der genannten Substanz in der von mir gebrauchten Nährlösung genauer zu präzisieren. Durch Versuche (Serie A, Tabelle 10, und Serie B, Tabelle 13) wurde bei Züchtung in Platin- und Quarzschalen infolge eines Zusatzes von Zinksulfat, der 0.005 % nicht überstieg, eine erhebliche Steigerung der Produktion von Pilzsubstanz konstatiert. In den mit Soda ausgekochten N-Flaschen (neue standen mir nicht zur Verfügung) übte ein Zusatz von sehr wenig Zink keinen Effekt aus, eine Dosis von 0.003 % Zinksulfat krist. verursachte schon eine Verringerung des Mycelgewichts, woneben der allgemeine Habitus des Pilzes im letzteren Fall derselbe blieb wie in der Kontrollkultur ohne Zinkzusatz; Richards dagegen, der mit Jenaer Glas arbeitete, wies eine Steigerung von 0.315 gr ohne — 0.612 gr mit 0.0035 % Zinksulfat nach.

In Platin- und Quarzschalen entwickelte sich bei sehr schwachen Konzentrationen eine gewöhnlich zusammenhängende Myceldecke, bei stärkerer Konzentration ein in

¹⁾ Eigentümlich war auch, dass auf Saccharose Tölö I oder II bei Zusatz von 0.0002—0.002 % Mangansulfat krist. in den mit Sodalösung ausgekochten N-Kolben eine intensive Bildung von weißem, zusammenhängendem Mycel beobachtet werden konnte, während in 16-Kolben jede sichtbare Wirkung ausblieb.

Inselform oder in eigentümlichen Windungen ausgebildeter, undichter Mycelüberzug. Bei einem Gehalt von 0.04 % oder mehr Zinksulfat in der Nährlösung zeigten die Kulturen ein Aussehen, als seien sie vergiftet. Zwischen 0.04 und 0.1 % war die Keimung beträchtlich verspätet, und die weitere Entwicklung ging desto langsamer vor sich, je mehr Zink vorhanden war; eine zusammenhängende Myceldecke wurde nie produziert. Wenn die Kulturen dieser Art gleichzeitig mit denen geerntet wurden, in welchen kräftige Mycelien zur Entwicklung gekommen waren, wog die Trockensubstanz in beiden Kategorien nach 15 Tagen merkwürdigerweise ungefähr gleichviel. Die am meisten in die Augen fallende Eigenschaft des Zinksulfates in allen den Konzentrationen, in welchen sein Einfluss überhaupt wahrgenommen werden konnte, schien die zu sein, dass es die Konidienbildung herabsetzte.

Da aus diesen Versuchen hervorgegangen war, dass die Ernte bei Anwendung geeigneter Mengen Zinksulfat ungefähr dieselbe war, wie wenn die Nährlösung in einem N-Kolben sterilisiert und erst danach für Kulturen in Platingefässen benutzt worden wäre, schien es mir von Interesse zu sein, festzustellen zu suchen, wie gross die geringsten Zinkmengen seien, auf welche der Pilz reagiert. Zu diesem Zweck wurde der Versuch in Tabelle 20 ausgeführt. Weil sich der Pilz hierbei auf einer Nährlösung, die die niedrigste Konzentration des Zinksulfats (0.0002 %) enthielt, ausserordentlich kräftig entwickelte, nahm ich an, dass dies nicht die geringste Quantität sei, auf die er reagiert, und machte daher einen neuen Versuch mit noch kleineren Mengen Zinksulfat (siehe Tabelle 21).

Nach der ungleichmässigen Entwicklung der Parallelkulturen in Gruppe 2 zu urteilen, dürfte 0.00001 % Zinksulfat krist. als die geringste Quantität zu betrachten sein, von der der Pilz überhaupt beeinflusst wird.

Um das Optimum seiner Einwirkung zu ermitteln, stellte ich den Versuch an, dessen Resultat aus Tabelle 22 ersichtlich wird, die mit den früheren Tabellen zusammengestellt aussagt, dass in der von mir benutzten Nähr-

lösung ein Zusatz von 0.00002—0.002 % $ZnSO_4$ krist. den günstigsten Einfluss auf das Wachstum des Pilzes hat.

Durch die hier referierten Versuche wurde festgestellt, dass ein Zusatz von Zinksulfat zu den Nährlösungen in den mit Soda ausgekochten Flaschen nicht die Entstehung von zusammenhängenden Mycelien zur Folge hatte, während solche in neuen *N*-Kolben erhalten wurden. Mein nächstes Bestreben ging also darauf aus, die Ursache dieser Verschiedenheit aufzudecken. Da neue Glasgefässe konstant einen geringen Gehalt dem Pilze zugängliches Alkali haben dürften, stellte ich einen Versuch an (siehe Tabelle 19 und Tafel II Fig. 11—13), um die Einwirkung von $NaOH$ auf die allgemeine Entwicklung des Pilzes zu erforschen, und vermochte dabei einen sehr günstigen Effekt auf das Aussehen der Myceldecke, aber keine nennenswerte Zunahme der Trockensubstanz zu konstatieren. Um dies wie jenes zu erreichen, wurde ein Versuch mit Zusatz von Zinksulfat sowie Natriumhydroxyd zu derselben Nährlösung unternommen. Dieser Versuch (Tabelle 23) wurde in der Weise angeordnet, dass in Platinschalen Konidien ausgesät wurden, die sich dann drei Tage entwickelten. Die Mycelien waren danach völlig vergleichbar, schwarz und unzusammenhängend (siehe Tafel I, Fig. 1). Jetzt wurde in eine der Schalen (Tafel II Fig. 7) 0.01 gr $NaOH$, in eine zweite (Fig. 8) 0.0028 gr $ZnSO_4$ krist. und schliesslich in eine vierte (Fig. 9) eine Mischung von 0.01 gr $NaOH$ und 0.0028 gr Zinksulfat krist. eingeführt. Sofort nach Hinzusetzung dieser Substanzen begann eine überaus kräftige Mycelbildung in den drei letztgenannten Kulturen, während die erste ungefähr auf demselben Stadium verblieb, das sie mit 3 Tagen zeigte. Sechs Tage nach der Aussaat wurden die Kulturen photographiert und 8 Tage alt geerntet. Da hatten sie genau das Aussehen, welches man in Fig. 1 Tafel I und in Fig. 7, 8 und 9 Tafel II findet. Fig. 10 lässt erkennen, wie sich der Pilz in 8 Tagen in einem Jenaer 16-Kolben entwickelte, wenn die Nährlösung im voraus in einem grösseren Jenaer *N*-Kolben sterilisiert worden war.

Hiermit ist also dargetan, dass es in der Hand des

Experimentators liegt, den Pilz in vollen oder undichten, sporenenreichen oder-freien Decken wachsen zu lassen.

Wenn wir uns erinnern, dass die »giftigen« Kolben nach einer so einfachen Operation, wie es das Auskochen während fünf Minuten mit Sodalösung ist, ihren Charakter vollständig veränderten, und wenn wir uns fragen, worin denn diese Wirkung der heissen Sodalösung bestehe, wird die wahrscheinliche Antwort lauten, dass die Sodalösung teils eine Lösung eventuell vorhandener Kieselsäure verursacht, die dann beim Waschen der Flaschen entfernt wird, teils die Entstehung einer leichter löslichen Schicht in der inneren Fläche der Flasche veranlasst, aus der der Pilz alsdann Stoffe aufzunehmen vermag, welche die Mycelbildung befördern (vgl. Treadwell S. 430). Dieses letztgenannte Moment scheint mir das wichtigere zu sein, weil es mir weder durch Zusatz von Kieselsäurehydrat (alkalifrei von Kahlbaum) noch von Kaliumsilikat gelungen ist, bei der Züchtung in Platingefässen eine Zunahme der Trockensubstanz des Pilzes oder eine sichtbare Veränderung im Aussehen der Myceldecke zu konstatieren (vgl. S. 65).

Oben ist wiederholentlich erwähnt worden, dass in den mit Soda oder $NaOH$ bei Kochhitze behandelten Jenaer N-Kolben undichte Mycelien mit hohem Trockensubstanzgewicht produziert wurden, das sich bei Zusatz von Zink oder Bor zur Nährlösung nicht vermehrte. Dieser letztere Umstand brachte mich auf den Gedanken, dass in den Flaschen nach der Alkalibehandlung eine zu starke Konzentration dieser Substanzen vorhanden sei. Versuche, mittels des Spektroskopes zur Klarheit über die Qualität und Quantität der Stoffe zu gelangen, die während des Sterilisierens möglicherweise aus der Glasmasse in die Nährlösung übergehen, führte leider nur zu der Erkenntnis, dass eine solche Arbeit eine schwierige Aufgabe für sich ist, und zwar eine Arbeit für einen Physiker mit eingehenden Spezialkenntnissen auf dem Gebiete.

Eine gewisse Stütze findet meine ebengenannte Annahme darin, dass das Mycel von älteren Kulturen in den mit Soda ausgekochten Jenaer Kolben eine Menge hellgelbe Flecke

auf seiner Unterseite aufweist, woneben auch die Kulturflüssigkeit eine deutlich gelbe Farbe besitzt, während sie in den 16-Kolben, den Platin- und Quarzschalen fast ausnahmslos farblos ist. Dieser Farbenwechsel der Nährflüssigkeit findet nach den Beobachtungen Richards' immer bei Anwesenheit von Zink in höherer Konzentration statt.

Wie S. 55 erwähnt, wurden bei Anwendung von Saccharose Tölö I und von Saccharose von Kahlbaum verschiedene Resultate erhalten, woraus folgt, dass diese Zuckerpräparate verschieden sein müssen. Worin diese Verschiedenheit in chemischer Hinsicht besteht, habe ich durch die von mir ausgeführten Analysen und Reinheitsproben bisher nicht feststellen können, so deutlich sie auch in dem Aussehen und den chemischen Reaktionen des Pilzes zum Ausdruck kommt. Man fragt sich hierbei wie gelegentlich der verschiedenen Einwirkung der Flaschen, welches eigentlich die natürliche Entwicklungsform des Pilzes ist, und ob vielleicht in dem Tölöer Zucker eine oder mehrere die Mycelbildung hemmende Stoffe enthalten sind oder ob darin solche fehlen, welche dieselbe befördern und welche die Saccharose von Kahlbaum besitzt.

Um beim Studium dieser Fragen womöglich einen Fingerzeig zu erhalten, wandte ich mich an die Tölöer Zuckerfabrik mit der Bitte um Aufschluss über die näheren Details bei der Raffinade des Zuckers und erfuhr, dass die Masse der dabei benutzten Apparate Zink, Eisen und Kupfer enthält. — Aus der Art und Weise, wie sich der Pilz auf Saccharose Tölö I entwickelt, geht direkt hervor, dass diese weder mit Zink noch mit Eisen verunreinigt sein kann, und die Versuche, die ich mit Kupfersulfat angestellt habe, geben keinen Grund zu der Annahme, dass das letztgenannte Element hierbei einen bedeutungsvollen Faktor darstellte. Bei Anwesenheit solcher 0.04 % Kupfersulfat krist. nicht übersteigender Konzentrationen, die die Keimung des Pilzes nicht unmöglich machten, entstanden konidienarme Mycelien. Dasselbe ist früher, 1912, von Waterman beobachtet worden, welcher fand, dass Kupfersulfat noch bei einer Verdünnung von

$\frac{8}{10,000,000}$ gr mol. pro l stark hemmend auf die Konidienbildung einwirkte.

Die verschiedene Entwicklung des Pilzes auf den einzelnen Zuckerpräparaten veranschaulichen die Tabellen 18 a, b, und c (vgl. Tafel I Fig. 1 und Tafel II, Fig. 1). Die erstere zeigt den allgemeinen Habitus der Myceldecke nach 3 ½ Tagen auf gewöhnlicher Nährlösung mit Saccharose Tölö I, die letztere mit Saccharose von Kahlbaum.

IV.

Beobachtungen an verschiedenen Stämmen von *Aspergillus niger*.

Nach den im Obigen mitgeteilten Erfahrungen muss man die in der Literatur niedergelegten Angaben über verschiedene Stämme und Formen von *Aspergillus niger* mit einer gewissen Skepsis betrachten. Diese Angaben, namentlich die von Schiemann, Haenicke und Brenner nachzuprüfen, wäre eine sehr umfangreiche Arbeit. Es hat nicht in meinem Plan gelegen, darauf einzugehen, aber ich habe mich gefragt, ob unter den Stämmen von *Aspergillus niger*, die in dem hiesigen Botanischen Laboratorium gezüchtet worden sind, verschiedene Typen vertreten sind oder ob die Verschiedenheiten im Aussehen des Pilzes und die Variationen in seinem Stoffwechselprozess darauf beruhen, dass er unter nicht identischen Bedingungen kultiviert worden ist.

Um diese Frage aufzuhellen, züchtete ich sämtliche hier vorhandenen Stämme in der von mir angewendeten, mit Saccharose Tölö I zubereiteten Nährlösung.

Vorher unbenutzte Quarzschalen wurden dreimal mit destilliertem Wasser über offener Flamme ausgekocht, das erste Mal 3, das zweite 6 und das dritte 10 Minuten, mit destilliertem Wasser ausgespült und danach abtropfen gelassen. Schliesslich wurden sie trockensterilisiert. Die Nährlösung wurde 5 Minuten in den Schalen selbst sterilisiert, wonach Konidien der verschiedenen Stämme mit einer geglühten Platinöse ausgesät wurden. Die Kulturen wurden

in die Warmkammer gestellt. Nach $5 \frac{1}{2}$ Tagen wurden sie fotografiert und darauf geerntet.

Durch einen flüchtigen Blick auf die Kulturen (siehe Tafel III) kann man sich ohne weiteres von dem Auftreten zweier in ihrem Aussehen weit verschiedenen Formen, I und II, überzeugen. Die erste, zu der α , β , 4, 6 und 11 (Fig. 1—5) gehören, hat weisse, dicke, samt- oder filzartige Mycelien mit schwacher Konidienbildung. Die Myceldecken entwickeln sich langsam, beobachtet man sie aber täglich, so kann man feststellen, dass die Entwicklung wenigstens während der ganzen Beobachtungszeit, in diesem Fall $5 \frac{1}{2}$ Tage, fortschreitet, oder richtiger, in dem Aussehen der Myceldecken gehen gewisse Veränderungen vor sich, indem sie allmählich immer zusammenhängender werden oder Konidien in geringer Menge auf ihnen entstehen.

Die Mycelien der Gruppe II, der Stämme 7, 14, 17 und 20, sowie ein fünftes, mit A bezeichnetes, welches 1912 von der »Centralstelle für Pilzkultur in Amsterdam« bezogen worden war, entwickelten sich sehr schnell und bekamen in 2 Tagen das Aussehen, das sie dann während der ganzen Versuchszeit behielten (vgl. Fig. 6—8 = A, 17, 20). Der Stamm 14 glich diesen durchaus, und das Aussehen von 7 ist uns bekannt (vgl. z. B. Tafel I, Fig. 1). Alle diese letztgenannten Stämme hatten ungemein reichlich konidienbekleidete, unzusammenhängende, dünne, glatte Mycelüberzüge. Sonstige Angaben über sämtliche jetzt erwähnten Stämme sind zu ersen aus

Tabelle 24.

	I					II				
	4	6	α	β	11	A	7	14	17	20
cm ³ N/5 NaOH .	5.30	3.50	2.90	2.90	2.90	3.80	3.40	2.70	2.60	3.50
Oxalsäure	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Reakt. mit. J. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Konidien	sehr spärlich		+	+	+	++	++	++	++	++
Erntegewichte gr	0.37	0.48	0.315	0.30	0.31	0.22	0.28	0.21	0.19	0.20
	mit gelben Flecken, samt- artiger Habitus		dicke filzartige Decken			schwarze, dünne ver- krümmte Decken				

Nach dem Habitus und den in der Tabelle mitgeteilten Angaben zu urteilen, scheint es, als seien α , β und 11 identisch; die Stämme 4 und 6 zeigen sowohl untereinander als im Vergleich mit α , β und 11 mehr Verschiedenheiten. Ob zwischen den Stämmen A, 7, 14, 17 und 20 ein bestimmter Unterschied besteht, darüber ist es noch zu früh, sich auf Grund dieses Versuches mit apodiktischer Gewissheit zu äussern.

Um zu untersuchen, ob die Substanzen, welche in Jenaer N-Glas enthalten sind, gewisse deutlich wahrnehmbare Veränderungen im Aussehen der Stämme und in ihren Reaktionen hervorrufen und ob diese Veränderungen in diesem Fall alle diese Stämme betreffen oder sich auf einzelne von ihnen beschränken, wurde folgendes Experiment gemacht. Ein Stück einer N-Flasche wurde möglichst fein in einem Achatmörser pulverisiert. 1500 gr Lösung, die die Mineralsalze in dem gewöhnlichen Nährsubstrat enthielt, wurde mit 0.1 gr dieses Glaspulvers versetzt, $\frac{1}{2}$ Stunde im Sterilisator gekocht und danach zum Erkalten stehen gelassen. Nachdem sich das Glaspulver abgesetzt hatte, wurden 500 cm³ der klaren Flüssigkeit in ein Messglas abgegossen, mit Zucker versetzt und danach in verschiedene Male mit destilliertem Wasser ausgekochten Quarzschalen dispensiert. Diese wurden 5 Minuten mit der Nährlösung sterilisiert. Konidien wurden wie im letzten Versuch mit einer geglühten Platinöse von allen Stämmen ausser 7 ausgesät. Diese letztere Kultur wurde mit Sporen in Form einer Emulsion besät, die ich wie gewöhnlich zur Hand hatte. Infolge davon keimte Nr. 7 schneller als die übrigen, von denen namentlich 17 und 20 diesmal sehr schlecht keimten. Nach 5 $\frac{1}{2}$ Tagen wurden die Kulturen photographiert und unmittelbar danach geerntet. (Vgl. Tafel III Fig. 9—14 und die folgende Tabelle.)

Wie in dem nächstvorhergehenden Versuch konnte ich auch jetzt sofort das Auftreten zweier habituell verschiedenen Gruppen feststellen. Die Kulturen der Gruppe I zeigten weisse, dicke, in geringem Mass konidientragende Mycelien, welche diesmal höckerig waren, während sie im vorhergehenden Versuch völlig glatt und auf der Unterseite stark schleim-

Tabelle 25.

	I				II			
	4	6	α	β	A	7	17	20
cm ³ $\frac{N}{5}$ NaOH . .	8.60	4.45	4.80	5.50	7.55	11.80	6.90	6.40
Oxalsäure	—	—	—	—	—	—	—	—
Reakt. mit. J.	—	+	—	±	++	++	++	+
Konidien	±	±	+	sehr spärlich	++	+	++	++
Erntegewichte . . .	0.67	0.82	0.70	0.70	0.88	0.75	0.67	0.55

mig gewesen waren. In Gruppe II entwickelten sich die Mycelien unvergleichbar schneller, sie waren höckerig wellig und sehr kräftig sporenbekleidet. In den Kulturflüssigkeiten erhielt man mit Jod eine intensive Pilzstärkereaktion (siehe S. 15). Vergleichen wir die Angaben der Tabelle 25 mit denen von 24, so sehen wir, dass sämtliche Stämme durch die Behandlung mit Glaspulver beeinflusst worden waren. Die Veränderungen dokumentieren sich ausser im Aussehen der Mycelien in einer starken Vermehrung des Mycelgewichtes, gesteigerter Totalazidität und in gewissen Fällen in einer intensiven Pilzstärkebildung.

Führt man den zuletzt beschriebenen Versuch mit 0.2 gr des in Rede stehenden Glaspulvers auf 1,000 cm³ Nährlösung aus, so erhält man bei Züchtung des Stammes 7 in Quarzschalen ungefähr gleiche Resultate wie in den mit Sodalösung gekochten N-Kolben, d. h. eine unzusammenhängende, sehr konidienarme Myceldecke, die in der Regel einen hohen Grad von Trockensubstanz hat.

Die Konidien des Stammes β entwickelten in diesem Versuch eine fast zusammenhängende, höckerige, blendend weisse Myceldecke, auf der während 6 Tagen kein Zeichen einer Konidienbildung zu konstatieren war (vgl. Tafel III, Fig 15 = β und Fig. 16 = Nr. 7). In den Jenaer 16 Flaschen erzeugte sowohl der Stamm β als 7 eine vollkommen sporenfreie, zusammenhängende und stark gefaltete Myceldecke (Fig. 17 = β Fig. 18 = 7).

Zusammenfassung.

1) Im hiesigen Botanischen Laboratorium befinden sich von *Aspergillus niger* 10 Stämme, welche als α , β , 4, 6, 11, A, 7, 14, 17 und 20 bezeichnet sind. Die Vorgeschichte dieser Stämme ist sehr mangelhaft bekannt. Soweit wie möglich sind α , β , 4, 6, 11 und 7 bei 35°, 14, 17 und 20 bei Zimmertemperatur gehalten worden. A wurde früher bei Zimmertemperatur und später, seit Juni 1918, bei 35° aufbewahrt. Die in Rede stehenden Stämme bilden zwei habituell verschiedene Gruppen I und II. Zu I gehören die Stämme α , β , 4, 6, und 11, zu II die Stämme A, 7, 14, 17 und 20.

2) In der verschiedenartigen Entwicklung aller dieser Stämme spiegelt sich die verschiedene chemische Zusammensetzung der Kulturgefäße wider.

3) Bei Anwendung von Ammoniumsulfatsaccharose-Nährlösung produzieren diese Stämme in Gefäßen aus Platin, Quarz und Jenaer 16-Glas (Natriumaluminiumbariumsilikat) glatte, auf der Unterseite schleimige Mycelien mit niedrigem, in neuen oder unbedeutend benutzten Gefäßen aus Jenaer N-Glas (Natriumaluminiumzinksilikat) dagegen höckerige oder höckerig wellige, auf der Unterseite nicht schleimige Mycelien mit hohem Gehalt an Trockensubstanz.

4) In den erstgenannten Gefäßen, d. h. in denen aus Platin, Quarz und 16-Glas, erhält man Kulturen von derselben Art wie in N-Glas, 1) wenn die Nährlösung in einem N-Kolben sterilisiert ist, 2) wenn kleine Mengen pulverisiertes N-Glas zur Nährlösung zugesetzt sind, und 3) wenn die Nährlösung mit Zinksulfat versetzt ist.

5) Die Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Kulturen in Jenaer N- und in Jenaer 16-Glas beruht, nach dem eben Gesagten zu urteilen, hauptsächlich darauf, dass das Jenaer N-Glas Zink enthält, welches während der Züchtung von dem Pilz aufgenommen wird und in Mengen von ca. 0.000005—0.0005 % das Wachstum von *Aspergillus niger* sehr effektiv befördert.

6) Ausser in Gefäßen von verschiedener chemischer Zusammensetzung entwickelt sich *Aspergillus niger* auch in

solchen von gleicher Zusammensetzung verschiedenartig. Dies erklärt sich wiederum daraus, dass sich die Gefässe abweichend verändert haben, weil sie entweder ungleich lange gebraucht oder für Kulturen von wechselnder Art benutzt worden sind und infolge dessen eine verschiedene Wirkung auf den Pilz ausüben. — Diese Einwirkung kann für *Aspergillus niger* 7 Brenner und das Jenaer N-Glas in groben Zügen folgendermassen zusammengefasst werden.

Die bezeichnete Wirkung äussert sich in zwei verschiedenen Richtungen: entweder tritt die Mycelbildung mehr hervor, und die Konidienbildung wird bei andauernder Züchtung mehr und mehr zurückgedrängt, oder es nimmt umgekehrt die Konidienbildung in demselben Mass zu, wie sich die Mycelbildung abschwächt (siehe Tabelle 6). Im ersteren Fall resultiert schliesslich ein weisser, zusammenhängender höckerig welliger Mycelkuchen, der in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, das Substrat anzusäuern und Pilzstärke in die Flüssigkeit abzugeben. Im zweiten Fall entsteht zuletzt ein inselförmiges, sehr reichlich sporentragendes Mycel wie in Gefässen aus Platin, Quarz und 16-Glas. Diese sukzessiv vor sich gehenden Veränderungen im Aussehen der Kulturen können beschleunigt werden, 1) falls der Pilz unter solchen Bedingungen gezüchtet wird, dass er reichlich organische Säure bildet, oder 2) wenn die Nährlösung längere Zeit sterilisiert wird ¹⁾. — Sie beruhen darauf, dass die Nährlösung während des wiederholten Kochens die Glasfläche in der Weise beeinflusst, dass die das Wachstum fördernden Stoffe dem Pilz immer leichter zugänglich werden und danach allmählich mehr oder weniger schnell von diesem ausgenutzt werden, wonach die Flasche schliesslich so reagiert, als bestände sie aus Quarz oder einer anderen indifferenten Substanz. Ist dieses letztere Stadium erreicht, so kann man durch Kochen von Soda- oder Natriumhydroxydlösung in den Flaschen momentan solche Veränderungen in denselben hervorrufen, dass sie von neuem Kulturen liefern, welche sich nach ihrem Aussehen und ihren Reaktionen den

¹⁾ Fünf Minuten währende Erhitzung genügt, um die Nährlösung zu sterilisieren.

in neuem oder relativ wenig benutztem N-Glas gewonnenen nähern.

Dies hat natürlich seinen Grund darin, dass die Behandlung mit Alkalien in Siedehitze infolge der lösenden Einwirkung der letzteren auf die Kieselsäure eine leichter lösliche Schicht an der Innenfläche der Flasche zustandegebracht hat, aus welcher der Pilz von neuem die sein Wachstum fördernden Stoffe aufnehmen kann.

Unmittelbar nach dem Kochen der Flaschen mit 5 % Sodalösung entsteht jedoch nie ein zusammenhängender Mycelüberzug, sondern ein undichtes Mycel von ähnlichem krankhaften Aussehen, wie man es auf Nährlösungen erhält, die Zink in zu starker Konzentration enthalten. Mehrere Umstände weisen darauf hin, dass dies auch in den mit Alkali behandelten Kolben der Fall ist. Nachdem sich der Zinküberschuss während sukzessiver Kulturen verringert hat, bekommt man allmählich zusammenhängende Mycelien von kräftigerem Aussehen.

Aus all diesem geht hervor, dass man, wenn die Vorgeschichte der Flasche bekannt ist oder man wenigstens weiss, von welcher Beschaffenheit ein paar der letzten Kulturen gewesen sind, mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit das Aussehen der darauf folgenden Kultur und ihre Azidität vorhersagen kann. Man muss mit anderen Worten beurteilen können, in welchem Stadium sich die Flasche inbezug auf ihre jeweilige Veränderlichkeit befindet.

Die Stärke der Einwirkung der Glasbestandteile auf die Entwicklung des Pilzes bestimmt sich hauptsächlich nach der Lebensintensität der Kultur, welche zuletzt in dem Kulturgefäss zur Entwicklung gelangt ist. Je kräftiger die Kultur gewesen ist oder je mehr sie imstande war, das Substrat anzusäuern, desto grösser ist der Unterschied zwischen ihr und der nächstfolgenden.

7) Wie Zink befördert Mangan das Wachstum von *Aspergillus niger*. Während jenes dies nur tut, wenn es in kleinen Mengen zur Nährlösung zugesetzt ist, wirkt dieses noch bei einem Gehalt von 4 % Mangansulfat krist. in der bezeichneten Richtung ein (siehe näher S. 69). Zink drückt die

Konidienbildung stets herab, Mangan verhält sich inbezug auf diese Lebensäußerung je nach dem Konzentrationsgrad verschieden.

8) Wenn die Nährlösung in einen Fall mit Saccharose von Kahlbaum und im anderen mit Saccharose Tölö I zubereitet wird, erhält man bei der Züchtung des Pilzes verschiedene Resultate, woraus hervorgeht, dass die beiden Zuckerpräparate einen verschiedenen Nährwert besitzen.

9) Sämtliche Stämme bilden Pilzstärke. Die Intensität der diesbezüglichen Produktion ist sehr wechselnd 1) bei verschiedenen Stämmen, 2) unter verschiedenen Kulturbedingungen und 3) bei Züchtung in Kulturgefäßen aus Jenaer N-Glas und solchen aus indifferentem Material. Die Pilzstärke ist ein Membranstoff. Sie wird in den Zellen gebildet. Die Anwesenheit kleiner Mengen Zink und Mangan, d. h. von Stoffen (vgl. S. 68), welche die Mycelbildung im allgemeinen befördern, scheinen auch der Bildung von Pilzstärke Vorschub zu leisten.

10) Die Kulturflüssigkeit gibt eine Pilzstärkereaktion, wenn das Mycel einigermaßen fest mit höckerigem Habitus ist; eine kräftigere blaue Reaktion erhält man in den zusammenhängenden, rasch entwickelten Kulturen, eine mehr violette in den inselförmig entwickelten. Eine Pilzstärke-reaktion bekommt man nur in sauren Nährlösungen und vorzugsweise in den konidienarmen, aber weder die Azidität noch die Konidienbildung scheinen im übrigen, wie früher angenommen worden ist, für den Grad von Intensität ausschlaggebend zu sein, womit die Pilzstärke in die Flüssigkeit abgegeben wird. Verschiedene Stämme besitzen in diesem Punkt ein in hohem Grade abweichendes Vermögen. Die Pilzstärke kann durch 1) Zentrifugieren, 2) Filtrieren, 3) Ausfällen mit Alkohol oder stark verdünnter Jodjodkaliumlösung aus der Kulturflüssigkeit entfernt werden.

11) Unter geeigneten Bedingungen bilden sämtliche Stämme Oxal- oder Citronensäure oder beide zu gleicher Zeit. Bildung von Oxalsäure findet in gewissen Fällen auch auf Ammoniumsulfat und Ammoniumchlorid statt. Die Bildung

von organischer Säure erfolgt mit grösserer Intensität in Flaschen aus N-Glas als in solchen aus 16-Glas.

Meine bisherigen Untersuchungen reichen noch nicht hin, um den Einfluss, den die Bestandteile der Kulturgefässe auf den Pilz ausüben, erschöpfend zu erklären. — Dieser Einfluss ist sicher von sehr komplizierter Natur. — Das Hauptergebnis der vorliegenden Arbeit ist also, unzweifelhaft dargelegt zu haben, dass die chemische Zusammensetzung der Kulturgefässe eine in sämtliche Lebensprozesse des Pilzes eingreifende Rolle spielt. Sieht man von den klassischen, häufig zitierten Experimenten ab, durch welche Raulin (S. 220) nachwies, dass unser Pilz in silbernen Gefässen nicht auf derselben Nährlösung lebte, auf denen er sich in Porzellengefässen sehr üppig entwickelte, so haben wir hier einen Umstand vor uns, der merkwürdigerweise, trotzdem *Aspergillus niger* seit mehreren Jahrzehnten und fast in der ganzen zivilisierten Welt zu den verschiedenartigsten Zwecken studiert worden ist, in der ausserordentlich reichhaltigen, einschlägigen Literatur bisher keine Behandlung erfahren hat, aber bei künftigen Arbeiten berücksichtigt werden muss.

Helsingfors, Botanisches Institut der Universität. Juli 1919.

Zitierte Literatur.

- Bertrand, G. et Javillier, M.: Influence du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger* (Compt. rend. Bd. 152, S. 225. 1911).
- Bertrand, G.: Extraordinaire sensibilité de l'*Aspergillus niger* vis à vis du manganèse (Compt. rend. Bd. 154, S. 616. 1912).
- Boas, Friedrich: I Stärkebildung bei Schimmelpilzen (Biochem. Ztschr. Bd. 78, S. 308).
- »— II Weitere Untersuchungen über die Bildung stärkeähnlicher Substanzen bei Schimmelpilzen (Biochem. Ztschr. Bd. 81, S. 80).
- »— III Weitere Untersuchungen über die Bildung löslicher Stärke bei Schimmelpilzen mit besonderer Berücksichtigung der Frage nach der Eiweiss-synthese der Schimmelpilze (Biochem. Ztschr. Bd. 86, S. 110).

- Brenner, Widar*: Die Stickstoffnahrung der Schimmelpilze (Centralbl. für Bakteriologie Abt. II Bd. 40, 1914; Dissert. Helsingfors).
- Czapek, Friedrich*: Biochemie der Pflanzen II Aufl. Bd. I (Jena, Verlag von Gustav Fischer 1913).
- Dox and Neidig*: The soluble polysaccharides of lower fungi (The journal of biological chemistry XVIII 2, 1914, S. 167).
- Ekman, G.*: Studien über den Nährwert einiger Kohlenstoffquellen für *Aspergillus niger* (Öfvers. af Finska Vet.-Soc. förh. Bd. LIII 1910—1911 Afd. A. N:o 16).
- Elfvig, Fredr.*: I Über die Bildung organischer Säuren durch *Aspergillus niger* (Öfvers. af Finska Vet.-Soc. förh. Bd. LXI 1918—1919 Afd. A. N:o 15).
- II Studien über die Einwirkung des Lichtes auf die Pilze (Helsingfors 1890).
- Göszl*: Über das Vorkommen des Mangans in der Pflanze (Beih. bot. Centralbl. T. 18, S. 128. 1905).
- Haenicke, Alexandrine*: Vererbungsphysiologische Untersuchungen an Arten von *Penicillium* und *Aspergillus* (Ztschr. für Botanik 1916, S. 225).
- Hovestadt, H.*: Jenaer Glas und seine Verwendung in Wissenschaft und Technik (Jena, Verlag von Gustav Fischer 1900).
- Linossier, G.*: I Sur une hématine végétale: l'aspergilline, pigment des spores de l'*Aspergillus niger* (Compt. rend. Bd. 112, S. 489. 1891).
- II Influence du fer sur la formation des spores de l'*Aspergillus niger* (Compt. rend. Bd. 151, S. 1075. 1910).
- Lintner & Düll*: Über den Abbau der Stärke unter dem Einflusse der Diastase Wirkung (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1893 (3), S. 2533).
- Meyer, A.*: I Das Chlorophyllkorn in chemischer, morphologischer und biologischer Beziehung. Leipzig 1883.
- II Ref. über Molisch: Die Pflanze in ihrer Beziehung zum Eisen (Flora 1892, LXXVI, Ergzbd. S. 292).
- Molisch, H.*: Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen (Jena, Verlag von Gustav Fischer 1892).
- Müller, C.*: Kritische Untersuchungen über den Nachweis maskirten Eisens in der Pflanze und den angeblichen Eisengehalt des Kaliumhydroxyds (Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1893, S. 252).
- Nägeli, Carl von*: Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen (Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften 1893. Bd. XXXIII).
- Raulin, J.*: Études chimiques sur la vegetation. (Annales des sciences naturelles T. XI, S. 93. 1869).

- Richards, H. M.*: Die Beeinflussung des Wachstums einiger Pilze durch chemische Reize (Jahrb. für wissensch. Bot. 1897. Bd. XXX, S. 665).
- Schiemann, Elisabeth*: Mutationen bei *Aspergillus niger* van Tiegh. (Ztschr. für induktive Abstammungs und Vererbungslehre 1912).
- Tanret, C.*: Action des nitrate, sulfate, chlorhydrate et phosphate d'ammoniaque sur l'*Aspergillus niger* (Bull. soc. chimique de Paris 1897 T. XVII, S. 914).
- Treadwell, F. P.*: Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. Bd. II (Leipzig und Wien 1913).
- Waterman*: De werking van waterstofionen boorzuur, koper, mangaan, zink en rubidium op de stofwisseling van *Aspergillus niger* (Verslag Akad. van wetenschappen te Amsterdam 1912, S. 579).
- Wehmer, C.*: I Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze (Botan. Zeitung 1891).
- »— II Selbstvergiftung in *Penicillium*-Kulturen als Folge der Stickstoff-Ernährung (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXXI, S. 210. 1913).
- »— III Zwei neue Schimmelpilze als Erreger einer Citronensäure-Gärung (Hahn'sche Buchhandlung Hannover und Leipzig 1893).
- »— IV Übergang älterer Vegetationen von *Aspergillus fumigatus* in »Riesenzellen« unter Wirkung angehäufter Säure (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXXI, S. 257. 1913).
-
-

Nachbemerkung.

Leider ist mir die wissenschaftliche Literatur der Kriegsjahre nicht vollständig zugänglich gewesen.

Während der Drucklegung (Oktober und November 1919) meiner Abhandlung wurden mir folgende Arbeiten bekannt, die ich nicht mehr berücksichtigen konnte:

- Boas, Friedrich, I. Untersuchungen über Säurewirkung und Bildung löslicher Stärke bei Schimmelpilzen (Beih. bot. Centralbl. Bd. XXXVI, S. 135. 1919).
- „ —, II. Die Bildung löslicher Stärke im elektiven Stickstoff-Stoffwechsel (Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XXXVI, S. 50. 1919).
- „ —, III. Bemerkungen über konidienbildende Stoffe bei Pilzen (ebenda S. 57).
- „ —, IV. Selbstvergiftung bei *Aspergillus niger* (ebenda S. 63).
- Molliard, M., Production d'acide citrique par le *Sterigmatocystis nigra* (Compt. rend. Bd. 168, S. 360. 1919).

TAFEL I.

Sämtliche Abbildungen sind nach Photographien von lebendem Material angefertigt. Die mit * bezeichneten Figuren stellen Pilzdecken samt den Schalen dar; sonst wurden nur die aus den Kulturgefässen herausgenommenen Mycelkuchen photographiert. Ausser Abb. 17 Tafel I sind alle Figuren der Tafeln I, II, III auf $\frac{3}{4}$ und die erstgenannte auf $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse reduziert.

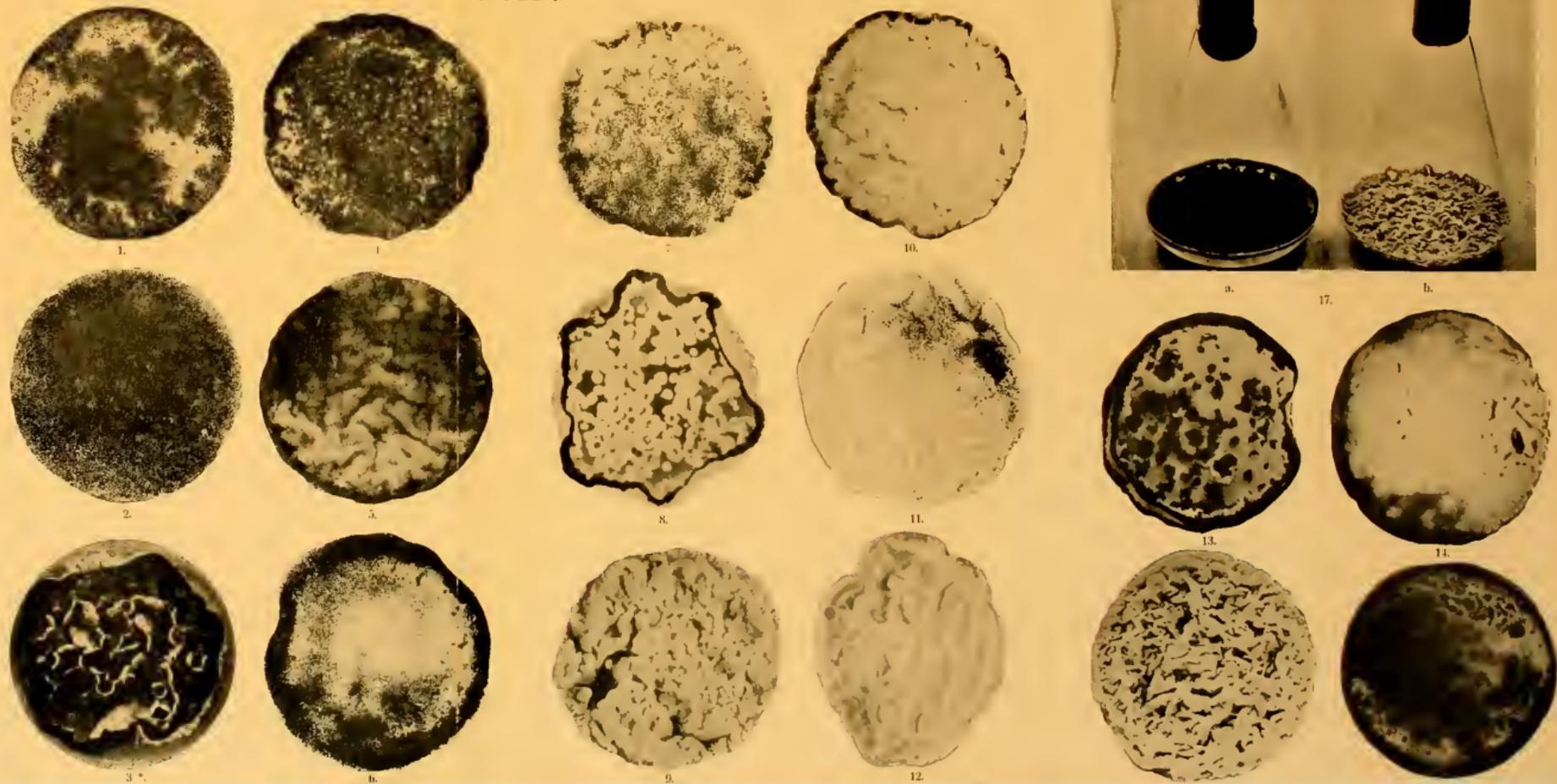
Tafel I. Zu Abschnitt II:

Der Abhängigkeit der Entwicklung von den Kulturgefässen.

Fig. 1—12 Verschiedene Typen von $3\frac{1}{2}$ Tage alten, in derselben Nährlösung entwickelten Myceldecken (vgl. S. 27).

* 13—16 Ältere Kulturen (vgl. S. 36 und 39).

* 17 Vgl. S. 33.



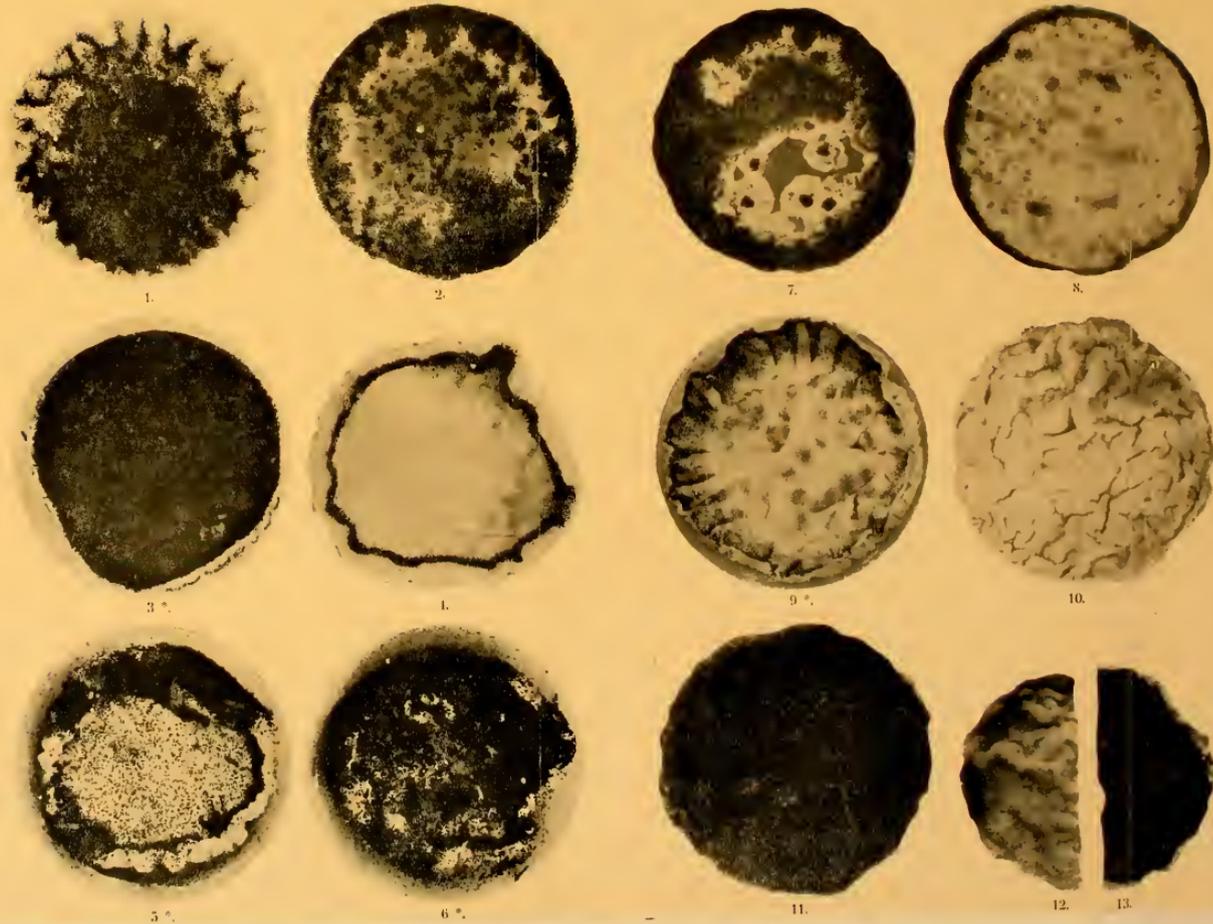


TAFEL II.

Tafel II. Zu Abschnitt III:

Versuche, die verschiedene Entwicklung durch chemische Reize aufzuklären.

- Fig. 1—2 Vgl. S. 67
 » 3—6 » » 69
 » 7—10 » » 71
 » 11—13 » » 71





TAFEL III.

Tafel III. Zu Abschnitt IV:

Beobachtungen an verschiedenen Stämmen von *Aspergillus niger*.

- Fig. 1. *Aspergillus niger* α Brenner
 2. " " β "
 3. " " 4 "
 4. " " 6 "
 5. " " 11 "
 6. " " aus Amster-
 dam
 7. " " 17 Brenner
 8. " " 20 "

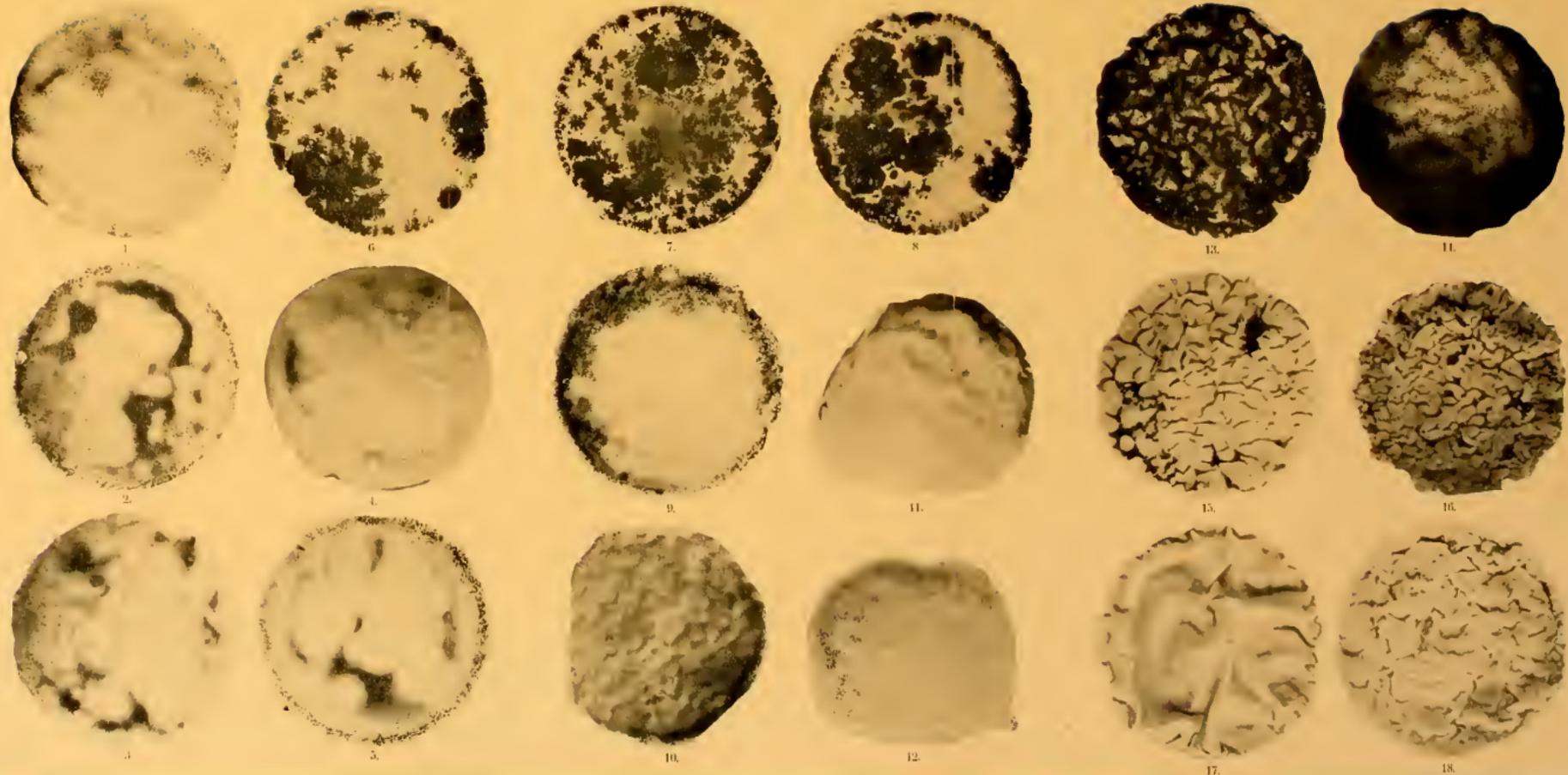
Vgl. S. 75.

- Fig. 9. *Aspergillus niger* α Brenner
 10. " " β "
 11. " " 4 "
 12. " " 6 "
 13. " " aus Amster-
 dam
 14. " " 7 Brenner

Vgl. S. 76.

- Fig. 15. *Aspergillus niger* β Brenner
 16. " " 7 "
 17. " " β "
 18. " " 7 "

Vgl. S. 77.





Experimentelle Untersuchungen über die Gastrulation und das erste Längenwachstum des Embryos bei *Rana esculenta*.

Mit 26 Textfiguren.

Von

GUNNAR EKMAN.

I. Einleitung.

Die Probleme der Gastrulation und der frühesten Entwicklung des Embryos nehmen in der vergleichenden Embryologie einen centralen Platz ein. Es ist deshalb klar, dass sich mit dieser Frage eine grosse Anzahl Forscher beschäftigt hat. Auch experimentell ist die Sache von vielen Seiten in Angriff genommen worden, wobei man besonders die Vorgänge bei den Amphibien untersucht hat. Wenn wir aber auch schon die grossen Züge des Gastrulationsprozesses bei den Amphibien genau kennen, so bestehen in einigen Fragen — ich nenne das Verhalten der Blastoporuslippen beim Schliessen des Urmundes und die Lage des Bildungsmaterials für die Medullarplatte in der Blastula — immer noch gewisse Kontroversen, die nicht endgültig aufgeklärt sind. Wenn ich es jetzt unternehme, zur Beleuchtung dieser viel untersuchten Frage einen kleinen experimentellen Beitrag zu liefern, geschieht es hauptsächlich deshalb, weil ich bei meinen Untersuchungen eine meines Wissens früher nicht ge-

brauchte Methode angewandt habe. Dadurch glaube ich einige neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Frage geben zu können.

Meine Untersuchungen sind im Mai und Juni 1917 in Hilleröd im Süßwasserbiologischen Laboratorium der Kopenhagener Universität gemacht worden. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Vorstand dieses Laboratoriums, Herrn Dr. C. W e s e n b e r g - L u n d, meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die Güte, mir einen Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen, und für die freundliche Unterstützung beim Anschaffen des Materials. Die Bearbeitung des Materials erfolgte — mit vielen Unterbrechungen — im zoologischen Laboratorium zu Helsingfors.

II. *Geschichtliches.*

Die Frage, wie aus dem Ei die verschiedenen Organanlagen des Embryos entstehen, ist im Lauf der Zeit verschieden beantwortet worden. Bekanntlich hat bei der Bildung der Blastula noch keine grössere Verschiebung des Materials, wie es im Ei liegt, stattgefunden. Erst während der Gastrulation geschieht eine grundlegende Verlagerung und Differentiation, weshalb unsere Frage mit dem Verlauf dieses Prozesses eng verknüpft ist.

Bei den Eiern der Anuren unterschied noch G o e t t e (1875), der erste genauere Untersucher der Amphibienontogenese, zwischen Keim und Dotter, d. h. einer morphologischen Grundlage des Embryos, der animalen oberen Hemisphäre, und einer ernährenden Substanz, der vegetativen unteren Hemisphäre. Ganz neue Gesichtspunkte vertritt erst P f l ü g e r (83), welcher durch seine Untersuchungen an Froscheiern zu der Ansicht gelangte, dass während der Gastrulation eine erhebliche Verschiebung des Materials der Blastula stattfindet. S. 38. »Die Oeffnung Rusconis läuft nach ihrer Entstehung von einer Stelle des Eiaequators auf dem Eimeridian nach der gegenüberliegenden Stelle des

Aequators durch die nach abwärts gekehrte weisse Hemisphäre, ohne dass die Axe des Eies sich bewegt. Der Bogen, den die Oeffnung Rusconis beschreibt, ist nun allerdings nicht gleich 180° , weil sie ja stets in der äussersten Entfernung von dem unteren Pol doch von dem Aequator etwas entfernt bleibt. Der durchlaufene Bogen beträgt aber sicher mehr als einen Rechten. Uebrigens ist er nicht bei allen Eiern gleich gross.» In der von Pflüger entworfenen schematischen Fig. 6, Taf. II, ist die Länge des Bogens etwa 140° . In der Literatur wird dagegen oft summarisch angeführt, Pflüger habe die Verschiebung der dorsalen Urmundlippe auf 180° geschätzt. Weiter stellt P. (S. 46) die Vermutung auf, dass ein Teil des Kopfes sich aus der animalen Hälfte der Blastula oral von der dorsalen Urmundlippe in situ entwickelt, sodass die Länge des Embryos $140^\circ +$ die Länge des Kopfes ausmacht.

Die Ansichten Pflügers wurden von Roux (88) bestätigt und erweitert. Teils durch natürliche, teil durch künstlich angebrachte Marken an Froscheiern (s. g. Extravovate) verfolgte R. die Verschiebungen der verschiedenen Teile der Blastula während der Gastrulation. Er fand, dass die dorsale Urmundlippe von der Stelle ihres Erscheinens um 170° in caudaler Richtung über die weisse Hemisphäre wandert (88. I. S. 699). Die erste mediane Anlage der dorsalen Urmundlippe entspricht dem queren Gehirnwulst des Embryos. Die Gastrulation beim Frosch geschieht wesentlich durch Überwachsung der weissen, unteren Hälfte der Blastula von den beiden Seitenhälften des Äquators; s. g. bilaterale *Epi-bolie*. R. nimmt weiter an, dass bei der Bildung der Medullarplatte des Frosches eine wirkliche Zusammenwachsung, Conrescenz, stattfindet, und gibt somit seine Zustimmung zu der von His (74) begründeten s. g. *Conrescenztheorie*.

Diese Theorie hatte schon früher neben vielen Gegnern (Balfour u. a.) auch viele Anhänger gefunden. Sie hatte die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Entstehung der Axialgebilde der Wirbeltiere aus zwei Seitenhälften gelenkt. Schon Rauber (77) machte den Versuch den Conrescenzvorgang als Urmundschluss zu deuten.

H a t s c h e k hat (81) in seiner Arbeit über die Amphioxus-Entwicklung hervorgehoben, dass der Verschluss des Urmundes excentrisch ist, und zugleich betont, dass die Bildung der Medullarplatte durch Concreſcenz der Urmundlippen erfolgt.

Die von R o u x (88) gemachten Experimente wurden von O. S c h u l t z e (90) revidiert. Er verfolgte hauptsächlich die Verschiebung natürlicher, auf der Blastulaoberfläche gefundener Marken und kam zu dem Resultat, dass bei *Rana fusca* die dorsale Urmundlippe im Verlauf der Gastrulation bis zur Entwicklung der Medullarplatte annähernd *unverändert* bleibt. S. 24. »Alle bei Beginn der Gastrulation im Bereich der oberen Hemisphäre gelegenen Marken behalten ihre Lage in dieser und finden sich dementsprechend später in oder neben der Medullarplatte. Hierdurch ist der directe Beweis geliefert, dass der Urmund sich nicht im Sinne von R o u x zur Hauptmasse des Eies verschiebt.« S. deutet seine Versuche in der Richtung, dass anstatt der dorsalen Urmundlippe die weisse Hemisphäre sich nach dorsal (oral) verschiebt, weil eine wirkliche Invagination stattfindet. Die dadurch bedingte Verschiebung eines Punktes auf der weissen Hemisphäre gegen die dorsale Urmundlippe wechselt sehr stark, kann in einzelnen Fällen sogar 105° ausmachen.

Später (00) hat S. Versuche angestellt, wobei Froscheier zwischen Glasplatten in Zwangslage gehalten wurden, und dabei bestätigen können (S. 213), dass die dorsale Lippe nicht wandert. Bei den Zwangslage-Eiern kommen dazu die verschiedensten allmählich zur normalen Stellung des Eies überleitenden Stellungen vor, und bei der noch geringen Differenzierung des Zellmaterials der Blastula kann während der Gastrulation die eine Zellgruppe Leistungen einer anderen übernehmen.

In seiner Arbeit Urmund und spina bifida unterzieht O. H e r t w i g (92) die ganze Gastrulationsfrage einer sehr eingehenden Prüfung, nachdem er schon früher (83) dieselbe Frage behandelt hatte. H. findet durch seine Experimente, dass eine Verschiebung der dorsalen Urmundlippe stattfindet.

In der Bildung der Spina bifida-Embryonen sieht er einen Beweis für die Richtigkeit der Conerescenztheorie. S. 429. »In der Rückenrinne erblicke ich jetzt die Nahtlinie, in welcher bald nach dem Beginn der Gastrulation die Urmundränder sich in einer von vorn nach hinten langsam fortschreitenden Richtung in der Medianebene zusammengelegt haben und verschmolzen sind.« Seine Ansichten über die Wanderung der dorsalen Urmundlippe und über die Conerescenz hat H. in mehreren späteren Arbeiten aufrecht erhalten und erweitert (06, S. 737, 15, S. 240).

Durch Untersuchungen an *Diemyctylus viridescens* fand Jordan (93), dass die Schliessung des Urmundes etwas variieren kann. Er tritt für die Conerescenztheorie ein. S. 338. »Early meeting of the lateral lips will produce a long primitive streak, late meeting a short one.«

Morgan hat über das Gastrulationsproblem mehrere Arbeiten publiziert (93, 94, 97, 02, 04). Seine Experimente (94) mit Anbringen von kleinen Marken (Extraovaten) an Froscheiern ergaben, dass die dorsale Urmundlippe (S. 697) erheblich nach caudal wandert, bis 120° . Spätere Angaben (1904 S. 69, 02. S. 252) lauten 90° resp. 100° . M. erklärt sich (04 S. 83) entschieden für die Conerescenztheorie. »Wenn die dorsale Lippe des Blastoporus über die weisse Hemisphäre vorschreitet, verdankt sie ihr Fortschreiten der Bewegung und längs eines Meridians sich vollziehenden Verschmelzung des Materials des Äquatorialrings.« Oral von der Stelle des ersten Erscheinens der dorsalen Urmundlippe entsteht in einer Länge von $20-30^\circ$ der Kopf des Embryos durch Differenzierung in situ.

Weiter hat M. (02) durch Centrifugalversuche die Entwicklung von Froscheiern verfolgt und gefunden, dass sich dabei sehr verschiedene Resultate erzielen lassen. Die Gastrulation wird durch die ungleiche Verteilung des Eiprotoplasmas stark beeinflusst. Es entstehen Doppelbildungen und Halbembryonen von verschiedener Form. Hierbei scheint das heterotropische Protoplasma der bestimmende Faktor zu sein. Durch Anbringen von künstlichen Marken an der Oberfläche von *Rana*-Eiern fanden Tsuda und

Morgan (94), dass die dorsale Urmundlippe sich stark nach caudal verschiebt, die ventrale dagegen nur wenig. Die Versuche gaben sonst etwas wechselnde Ergebnisse. S. 391. »Even the extent of overgrowth is variable, and we have seen that the length of the embryo formed is also variable.»

Kopsch hat (95) die Gastrulation beim Frosch durch wiederholtes Photographieren des Versuchsobjektes verfolgt und dabei gefunden (S. 27), dass eine Invagination der weissen Hemisphäre stattfindet. Gleichzeitig erfolgt an der dorsalen Blastoporuslippe ein andauernder Umschlag von Zellen in das Innere der Blastula. Nach Untersuchungen von 1900 (S. 18) ist der Weg, welchen die dorsale Blastoporuslippe zurücklegt, von der Stelle ihrer ersten Erscheinung bis zur Mitte des Dotterpfropfes gerechnet, im Mittel 75° . Nach K. entspricht die Region (Fig. 5, 00) oral von der dorsalen Lippe etwa der Anlage des Gehirns. Beim Frosch (95. S. 30) findet keine Conrescenz statt.

Assheton (95) benutzte durch Anstiche erzeugte Marken zur Verfolgung der Gastrulation bei *Rana* und fand (S. 232) u. a., dass sowohl die dorsale wie die ventrale (und laterale) Blastoporuslippe über die weisse Hemisphäre wandert. Der Weg der dorsalen Lippe beträgt $60-70^\circ$, derjenige der ventralen viel weniger. Der vordere Teil der Medullarplatte entsteht (Fig. 8—14) in situ oral von der ersten Anlage der dorsalen Urmundlippe. Nach A. (S. 238) findet bei der Schliessung des Urmundes keine Conrescenz statt.

Durch zahlreiche Anstichversuche an verschiedenen Amphibien (*Acris*, *Bufo*, *Rana*, *Amblystoma*) findet Eycleshymer (95, 98), dass sowohl die dorsale wie die ventrale Blastoporuslippe sich über die weisse Hemisphäre bewegt. Der Weg der ventralen Lippe (95 S. 389) ist im Vergleich zu demjenigen der dorsalen nach E. fast gleich gross. Weiter findet er, dass ein beträchtlicher Teil der Medullarplatte oral von der dorsalen Urmundlippe in situ entsteht (98 S. 478). »The primary area of cell activity at the upper pole of the amphibian egg forms the basis of the cephalic end of the embryo. The secondary area of cell activity, on the blastoporic side of the egg forms the greater portion of the posterior

half of the embryo. These two areas constitute an embryonic tract, from which arise at least the anterior two-thirds of the embryo.» — Bei der Bildung der Medullarplatte findet nach E. keine Conrescenz statt.

Durch Untersuchungen an *Rana fusca*- und *Bufo vulgaris*-Eiern, die der Einwirkung verschiedener chemischen Lösungen ausgesetzt waren, erzielte G u r w i t s c h (96) verschiedene für die Gastrulationsfrage interessante Ergebnisse. Er fand u. a. (S. 229) bei Versuchstieren, bei welchen eine Einstülpung des Dotters nicht normal erfolgen konnte: »dass die Entstehung der Medullarwülste aus dem Materiale der oberen Hemisphäre erfolgt und in keinem direkten Zusammenhange mit den Urmundrändern steht.« G. erklärt weiter (S. 234), dass aus der Bildung der Spina bifida-Missbildungen nicht, wie O. H e r t w i g es tut, zu schliessen ist, dass die Medullarplatte mit den Axialorganen aus zwei bilateral-symmetrischen Hälften durch Conrescenz entstanden wäre.

B e r t a c c h i n i hat (99) durch Anbringen von künstlichen Marken (Extraovaten) gefunden, dass die dorsale Urmundlippe der Anuren etwa 180° in caudaler Richtung wandert.

Durch zahlreiche Anstichversuche an Eiern von *Corophylus*, teils zwischen Glasplatten in inverser, teils in normaler Lage gehalten, hat W i l s o n (00, 02) gefunden, dass die dorsale Blastoporuslippe 72.5° und die ventrale 47.5° wandert. Auffallend ist hierbei die ausgedehnte Verschiebung der letzteren Lippe. W. findet bei seinem Objekte keine Stütze für die Conrescenztheorie (02, 128). Die vegetative Hälfte wird hauptsächlich durch Überwachsung von Seiten der Urmundlippen bedeckt. Eine Invagination der Dotterzellen findet nicht statt. Von sehr grosser theoretischer Tragweite ist der Befund (00, S. 235), dass, wenn die ventrale Lippe durch künstliche Zwangslage (Extraovate, die an der Glasplatte haften) verhindert wird, sich zu bewegen, die dorsale Lippe einen entsprechend grösseren Weg zurücklegt, damit der Urmund in üblicher Weise verschlossen werden kann. Die Lage des Anus und der Medullarplatte wird dadurch eine von den normalen Verhältnissen abweichende.

King findet (01, S. 563) durch Anstichversuche bei *Bufo lentiginosus*, dass die dorsale Urmundlippe etwa 140° , die ventrale dagegen nur eine ganz kurze Strecke wandert. Nachdem der Blastoporus cirkular geworden ist, rücken bei seinem Schluss von allen Seiten her etwa gleiche Beträge nach innen vor. Bei der Bildung der mittleren (und hinteren) Rückenpartie des Embryos finden Verwachsungsvorgänge statt. Das Material etwas oberhalb der dorsalen Blastoporuslippe bildet die Mittelpartie des Embryos. Sein vorderes Ende reicht nicht bis zum Mittelpunkt der schwarzen Hemisphäre herauf.

Spemann gibt in seinen Entwicklungsphysiologischen Studien am *Triton-Ei* (01, 02, 03) eine eingehende Darstellung des ganzen Gastrulationsproblems. Die normale Gastrulation geschieht teils durch Invagination, aber auch durch Überwachsen der Blastoporuslippen, wobei auch die ventrale Lippe nach dorsal verschoben wird (02, S. 474, 482). Seine Einschnürungsversuche an verschieden alten Entwicklungsstadien ergeben die interessante Tatsache, dass bei der Gastrulation weitgehende Modifikationen vorkommen können. Durch Einschnürung in Zwangslage gesetzt, wachsen die Urmundlippen in ganz anderer Weise als normal. Es zeigt sich, dass aus dem Anlagematerial des Embryos inclusive der Urmundlippen verschieden gestaltete Doppelbildungen hergestellt werden können. Erst nach und nach wird die Umbildungsfähigkeit der Zellen eingeschränkt. Mit dem Aufhören der Gastrulation ist das Anlagematerial so fixiert, dass Doppelbildungen nicht mehr erzeugt werden können.

Jüngst (18) hat Spemann durch Transplantationsversuche an Blastulastadien bei *Triton taeniatus* sehr interessante neue Gesichtspunkte zur Beleuchtung des Gastrulationsproblems geliefert. Durch Transplantation von verschieden pigmentierten grossen Ektodermstücken in die Anlage der Medullarplatte hat er das erste Längenwachstum während der Gastrulation verfolgen können. Weiter ist es ihm gelungen, median gespaltene Blastulae wieder zu vereinigen und zwar so, dass entweder zwei linke oder zwei rechte Hälften zusammengebracht wurden. Dabei kommen natür-

lich die dorsale und ventrale Medianlinie aneinander zu liegen. Es zeigt sich nun, dass die dorsale Hälfte (also die dorsale Urmundlippe und die Anlage der Medullarplatte) auf die ventrale Hälfte einen derartigen Einfluss ausübt, dass diese sich sekundär zur Medullarplatte ergänzend umwandelt. Von jeder Urmundhälfte (S. 499) greift die Gastrulation auf das anstossende Material der anderen Keimhälfte über, und dann geht die Entwicklung von dem ergänzten Urmund aus weiter wie normal.

Mittels Marken von Nilblausulfat hat Goodale (10, 11) die Lokalisation verschiedener Teile des Eies mit Rücksicht auf ihre Prädestination für den späteren Embryo durchgeführt. Untersucht wurden *Spelerpes bilineatus*, *Amblystoma* und *Rana*. Die Versuche gaben teilweise divergierende Ergebnisse. Die dorsale Blastoporuslippe von *Spelerpes* kann oft nahezu als stationär betrachtet werden, kann sich aber auch um 35° verschieben. Bei der Entwicklung von *Spelerpes* kommt keine Conrescenz vor, bezw. eine solche nur in ganz beschränktem Umfange in der nächsten Umgebung des Urmundes, wenn dieser die Gestalt eines Schlitzes angenommen hat. Das Dach der Urdarmhöhle stammt ausschliesslich von Zellen der vegetativen Hälfte des Eies.

Bei *Cryptobranchus allegheniensis* findet Smitt (12), dass sowohl die dorsale wie die ventrale Blastoporuslippe etwa 60° von ihrer Entstehungsstelle wandern. Vom Embryo, dessen Länge etwa 148° ausmacht, entsteht der vordere Teil (72°) in situ, der mittlere Teil (60°) durch Wandern der dorsalen Lippe und nur der hintere Teil (16°) durch Conrescenz der Blastoporusränder. Anfangs wandert die dorsale Lippe schneller, später aber die ventrale.

III. Material und Methode.

Um den Gastrulationsprozess zu verfolgen, vor allem um zu sehen, wie die Blastoporuslippen sich verschieben, habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen. Ich benutzte als Marken allerfeinste Glasnadeln, die sich aus einem erhitzten

Glasstab sehr leicht ausziehen lassen. Eine solche, etwa 3—5 mm lange Glasnadel wurde mit einer feinen Pinzette gefasst und in eine Blastula eingestochen, und zwar entweder nur ein Stück hinein oder ganz durch, sodass die beiden Enden der Nadel frei heraustraten. Die Eihaut, die auf dem Blastulastadium sehr schwer zu entfernen ist, lässt sich leicht durchstechen und braucht deshalb gar nicht weggenommen zu werden, was ein sehr grosser praktischer Vorteil ist. Oft gelang das Einstechen so gut, dass fast gar keine offene Wunde entstand. Die Nadel wurde von der durchbohrten Eihaut fest angeschlossen, und somit konnte das Ei fast aseptisch gehalten werden. Gelang die Operation gut, so ging die Entwicklung einige Zeit ganz »regelmässig« vor sich, bildete sich dagegen bei der Durchstechung ein Extravovat, so zerfiel die Blastula oft. Bis zum Stadium, in welchem die Muskelbewegungen des Embryos einsetzen, lassen sich die mit Nadeln durchstochenen Tiere leicht aufziehen. Um eine ungestörte weitere Entwicklung zu erzielen, wird es nötig, die Tiere dauernd zu narkotisieren, was mit Chloreton leicht gelingt.

Die Versuchstiere wurden isoliert in kleinen Glasschalen gezüchtet, vielfach täglich beobachtet und mit einer Camera abgezeichnet. Die eingestochene Nadel bringt es natürlich mit sich, dass die normale Lage der Blastula zur Richtung der Schwerkraft nicht aufrechterhalten bleiben kann, sondern schwankt, jenachdem wie die Nadel durch ihre Schwere die Blastula in Zwangslage hält. Auf die Schwankungen dieser Lage ist bei den Versuchen nicht näher geachtet worden.

Die in die Blastula eingestochene Nadel lässt sich nun als Marke benutzen. Dadurch sieht man sehr leicht, in welcher Weise die um die Nadel herum liegenden Gewebe sich verschoben haben. In dem Fall, in welchem die Nadel ganz durchgestochen ist, hat man sogar zwei feste Punkte, von welchen aus man die Wachstumsvorgänge der Umgebung verfolgen kann. Im Princip ist mein Verfahren dem Anbringen von Marken durch Verletzung der Blastulaoberfläche, wie es von mehreren Forschern früher gebraucht worden ist, ähnlich. Doch ist die Nadel eine viel sicherere und vor allem

viel bequemere Marke und bringt auch durch die Zwangslage, in welcher sie den Embryo hält, neue Versuchsbedingungen mit sich.

IV. Bemerkungen über die »normale» Gastrulation.

Die zu meinen Versuchen gebrauchten Eier von *Rana esculenta* stammten aus einem grossen Teich im Schlossgarten zu Hilleröd, wo sie täglich gesammelt wurden. Bei morgens früh gefundenen frisch abgelegten Eiern hatte der Furchungsprozess oft eben angefangen. Die Laichzeit dauerte 1917 von etwa 20. Mai bis 20. Juni und war bedeutend kürzer als z. B. in Heidelberg, wo ich in den Jahren 1911—13 während beinahe zweier Monate *Rana esculenta*-Eier bekommen konnte. Wahrscheinlich war die Kürze der Laichzeit 1917 durch die aussergewöhnliche Hitze, die im Frühjahr herrschte, bedingt. In dem betreffenden Teich, welcher etwa 30—40 m im Durchmesser hält, laichten sicher über 100 Pärchen. Von den vielen tausend gesammelten Eiern war nur ein kleiner Teil entwicklungskräftig, die meisten waren schon beim Sammeln abgestorben. Auch die lebensfähigen Eier waren von sehr verschiedener Qualität. In vielen Fällen waren sie grösstenteils klein, nur verhältnismässig wenige grosse Eier kamen unter ihnen vor. Nur selten habe ich reichlicher grosse Eier gefunden. Die Grösse der kleinsten Eier betrug dem Volumen nach bis $\frac{1}{4}$ von demjenigen der grössten.

Die Art und Schnelligkeit der Entwicklung war bei den verschiedenen Eiern etwas verschieden, indem auch unter »normalen Verhältnissen» die kleineren sich langsamer entwickelten als die grossen. Besonders auffallend war, dass bei jenen während der Gastrulation der Dotterpfropf verhältnismässig grösser war und langsamer verschwand als bei diesen.

In vielen Fällen habe ich, um eine langsamere Entwicklung zu erzielen, die Eier sogar 10—12 St. in Eiswasser gehalten, ohne dass dadurch die Entwicklungsfähigkeit dauernd geschädigt wurde. Immerhin zeigte es sich, dass der Gastru-

lationsprozess durch diese Behandlung oft in der Weise beeinflusst wurde, dass der Dotterpfropf, ähnlich wie oben betreffs der kleinsten Eier erwähnt ist, grösser als normal

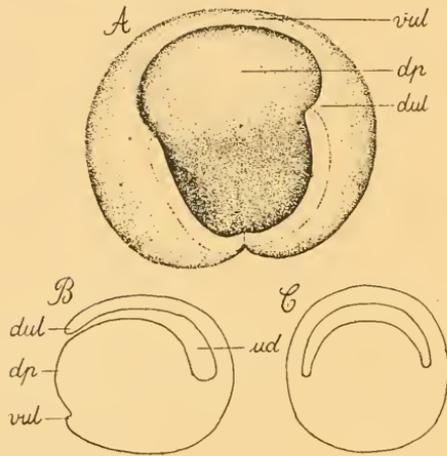


Fig. 1. A Gastrula, durch einen Schnitt in der dorsalen Mittellinie geöffnet; man sieht den Urdarm. B Vertikaler Median-schnitt, *dp* Dotterpfropf, *dul* dorsale Urmundlippe, *ud* Urdarm, *vul* ventrale Urmundlippe. C Vertikaler Querschnitt durch die Mitte derselben Gastrula.

wurde und nur langsam verschwand (vergl. Fig. 3). Ähnliche Beobachtungen sind früher u. a. von O. Schultze (94, 99) gemacht worden, welcher fand, dass durch Behandlung mit Eiswasser die Teilungen der Zellen am vegetativen Pole der Blastula verlangsamt werden. Auch durch Behandlung mit verschiedenen Salzlösungen sind ähnliche Gastrulationsstörungen bei Amphibien experimentell erzielt worden von O. Hertwig (06, S. 970) Gur-

witsch (96), Morgan (02) u. a.

Ich schicke hier zuerst zur Orientierung einige Beobachtungen über den Verlauf der Gastrulation unter »normalen Bedingungen« und beim Behandeln der Eier mit Eiswasser voraus. Die Observationen sind hauptsächlich an lebenden Eiern mit dem binokularen Mikroskop gemacht. Um die Bildung der Urdarmhöhle näher zu verfolgen, wurden die Gastrulae mit der Glasnadel aufgeschnitten. Es lassen sich schon durch dieses einfache Verfahren bei stärkster Vergrößerung und guter Beleuchtung die Hauptzüge der Gastrulation sehr gut verfolgen. Auch Schnittserien von verschiedenen Stadien habe ich mikroskopisch untersucht.

Der Urmund erscheint bekanntlich zuerst als eine halb-kreisförmige Einbuchtung an der Grenze zwischen der weissen und dunklen Hemisphäre der Blastula. Später wird er allmählich kreisrund. In Fig. 1 A sehen wir den Bau der

normalen Gastrula in dem Stadium, in welchem der Urmund schon kreisförmig und zugleich ein grosser Dotterpfropf vorhanden ist. Die Urdarmhöhle hat schon eine beträchtliche Grösse, und von der ursprünglichen Furchungshöhle der Blastula ist nichts mehr zu sehen. Der Dotterpfropf ist vollkommen solid. Die Grenzen zwischen Ento-, Meso- und Ektoderm sind nicht näher bezeichnet. Die Gastrula ist noch ziemlich kugelförmig, der Dotterpfropf tritt nicht besonders weit ausserhalb der Blastoporuslippen hervor. Wie aus dem Medianschnitt, Fig. 1 B, zu sehen ist, ist die ventrale Urmundlippe ganz kurz. Sie verlängert sich auch während der folgenden Entwicklung fast gar nicht.

In vielen Fällen habe ich bei normal gezüchteten Eiern eine abweichende Form der Urdarmhöhle gefunden, ohne dass die Gastrula äusserlich etwas Abweichendes darbot. Erst beim Durchschneiden des dorsalen Urdarmdaches wurde die Abweichung bemerkt. In Fig. 2 sehen wir eine solche Gastrula abgebildet.

Etwa in der Mitte des eingestülpten Dotterpfropfes, am Boden der Urdarmhöhle, liegt eine scharf begrenzte grosse Höhle, die durch eine engere Öffnung mit dem Urdarm in Verbindung steht. In anderen, weniger extremen Fällen habe ich an Stelle dieser Höhle eine kleinere Einkerbung gefunden, deren Wände nicht scharf ausgeformt waren. Über die Entstehung und Bedeutung dieser Höhle fehlen mir genauere Beobachtungen. Eine Möglichkeit wäre es, dass sie den Rest der Furchungshöhle darstellte. Es ist ja bekanntlich eine von mehreren Forschern (Grönroos, O. Schultze, Hertwig, Brachet u. a.) beobachtete Erscheinung, dass bei der Gastrulation einiger Amphibien die Urdarmhöhle mit dem Rest der Furchungshöhle verschmelzen kann, indem die zertrennende Schicht durchbricht.

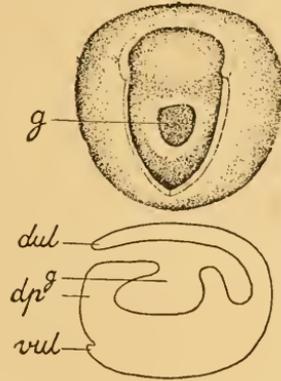


Fig. 2. Oben atypische Gastrula, durch einen Schnitt in der dorsalen Mittellinie geöffnet. Unter vertikaler Medianschnitt durch dieselbe Gastrula. *g* Grube am Boden des Urdarmes; sonst wie Fig. 1.

Zuletzt gebe ich hier noch Medianschnitte durch drei verschiedene in Eiswasser gezüchtete Gastrulae wieder, bei welchen sich die Einstülpung des Dotterpfropfes in abnormer

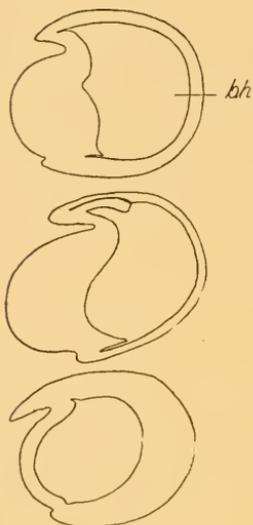


Fig. 3. Medianer Vertikalschnitt durch drei in Eiswasser gezüchtete Gastrulae (etwas schematisiert). *bh* Blastulahöhle.

Weise vollzog, Fig. 3. Die Objekte sind unter dem binokularen Mikroskop mit der Glasnadel aufgeschnitten und untersucht worden. Auf die Beziehungen zwischen Ekto-, Ento- und Mesoderm wurde nicht näher eingegangen. Auffallend ist in allen diesen Fällen die aussergewöhnliche Grösse und lange Persistenz der Furchungshöhle. Der Dotterpfropf dagegen ist verhältnismässig dünn. Bei einiger Erfahrung kann man solche abnorme Blastulae schon äusserlich erkennen. Sie haben sich später weiter entwickelt und normale, wenn auch schwache Embryonen gebildet.

Bei älteren in Eiswasser gehaltenen Gastrulae, die schon eine Medullarplattenanlage hatten, machte ich oft die Beobachtung, dass das Ektoderm durch einen engen Spaltraum vom Entoderm isoliert war und sich sehr leicht abtrennen liess. Für Transplantationszwecke waren solche Embryonen sehr geeignet als Entnahmetiere, da man das Ektoderm unversehrt in grossen Stücken leicht erhalten konnte.

V. Die verschiedenen Experimente.

a) Über die Verschiebung der Urmundlippen.

Bekanntlich wird die Schliessung des Urmundes allgemein von den Autoren so dargestellt, dass die Blastoporuslippen ¹⁾ einander *excentrisch* näher rücken, wobei die dorsale

¹⁾ Da der Urmund anfangs kreisförmig, später oval ist, fällt es natürlich schwer, die in der Literatur geläufigen Namen, dorsale, ventrale und

Lippe schneller und weiter wandert als die ventrale. Über den Betrag der Verschiebung der Lippen, gemessen in Graden des Ei-(Blastula-) Meridians, gehen jedoch die Angaben sehr auseinander; für die dorsale Lippe $180^{\circ}-35^{\circ}$ (-0°), für die ventrale $60^{\circ}-0^{\circ}$. Die Verschiedenheit der Resultate ist nun teilweise dadurch bedingt, dass verschiedene Species als Untersuchungsobjekte benutzt worden sind. Doch sind auch oft am selben Material höchst abweichende Ergebnisse erzielt worden. Auch kommt es darauf an, wie man nun die Messungen vornimmt. Die Kugelform der Blastula ändert sich allmählich während der Gastrulation, wodurch eine Bestimmung der Wachstumslänge, in Graden gemessen, ihren Wert verliert.

Folgende Versuche zeigen, wie sich die Verschiebung der Blastoporuslippen bei *Rana esculenta* gestalten kann. Als Beispiel für eine annähernd »normale« Entwicklung scheint mir folgender Fall geeignet zu sein.

Versuchstier N:o 180 (17), Fig. 4 A—C. In dem Stadium der Gastrulation, wo die erste Anlage der dorsalen Urmundlippe gerade erschien, wurde die Nadel median, etwa 30° laterale Urmundlippe (Blastoporuslippe) natürlich zu begrenzen. Es ist deshalb wohl am einfachsten, eine rein mathematische Einteilung vorzunehmen, indem man den Kreis in vier gleichgrosse Abschnitte, einen dorsalen, ventralen und 2 laterale teilt.

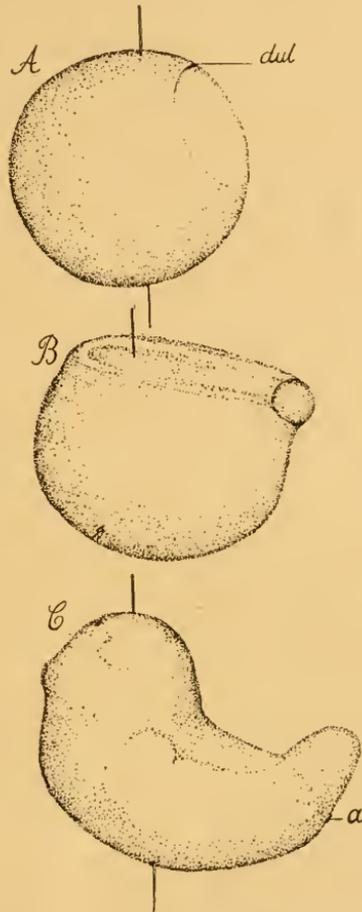


Fig. 4. Versuchstier N:o 180 (17). A. Bei der Operation. B. 16 St. nach der Operation. C. 2 Tage nach der Operation. a Anus, *dul* dorsale Urmundlippe.

oral von dieser Lippe eingestochen. Die Nadel durchbohrte die Blastula (Fig. 4 A) und ging etwa durch das Centrum der Kugel. Die Entwicklung vollzog sich normal. Fig. 4 B zeigt das Tier 16 St. nach der Operation. Die Gastrulation ist beinahe beendet, nur ein kleiner Afterpfropf ist noch vorhanden. Die Medullarplatte hebt sich schon deutlich hervor. Aus der Lage der eingestochenen Nadel ist deutlich zu ermitteln, dass die dorsale Urmundlippe stark in die Länge gewachsen ist. Der Abstand von der Nadel bis zum Blastoporusrand beträgt etwa 75° . Demnach hat sich also die dorsale Lippe um 45° caudalwärts verschoben. Beim vollständigen Verschluss des Urmundes war die Lippe in diesem Falle etwa 50° gewandert. 25° oral von der Nadel wird der vordere Rand der Medullarplatte sichtbar, Fig. 4 B. Derjenige Teil des Embryos, welcher sich in situ differenziert hat, beträgt also im Ganzen etwa 55° ; der ganze Embryo ist 105° lang. In Fig. 4 C sehen wir das Tier 2 Tage nach der Operation. Eine grosse Schwanzknospe ist schon vorhanden, und die Muskelbewegungen haben begonnen. Die Nadel geht vom Scheitel zum Bauch etwa in der Medianebene des Versuchstieres.

Ein Vergleich der drei Entwicklungsstadien miteinander gibt uns einen Einblick in den Fortgang der Gastrulation und das erste Längenwachstum des Embryos. Es zeigt sich deutlich, dass sich die dorsale Urmundlippe von dem Ort ihrer ersten Entstehung beträchtlich in caudaler Richtung verschiebt, hier etwa 50° . Der vordere Teil der Medullarplatte, etwa die Anlage des ganzen Gehirns, entsteht in situ oral von dem Ort der Entstehung der dorsalen Urmundlippe. Über das Verhalten der ventralen Urmundlippe können wir aus diesem Versuch nichts Sicheres ermitteln. Von der Nadel gerechnet hat sich der caudale Teil der Blastula bedeutend mehr in die Länge gestreckt als der orale.

Einen »normalen« Entwicklungsgang zeigt auch folgender Fall, Versuchstier N:o 100 (17), Fig. 5 A—C. Indem Stadium, in welchem die Gastrulation schon so weit vorgeschritten war, dass ein deutlicher, grosser Afterpfropf vorhanden war, wurde die Nadel in der Mittellinie ziemlich dicht oral des

caudalen Randes der dorsalen Blastoporuslippe hineingestochen, bis sie die ganze Gastrula durchbohrte, Fig. 5 A. Die Entwicklung des vor der Operation in Eiswasser gehaltenen Versuchstieres war insofern abnorm, als der Afterpfropf ungewöhnlich gross ist. 7 Stunden nach der Operation war der ganze Afterpfropf eingestülpt, wenn auch die Urmundöffnung noch ziemlich gross war, Fig. 5 B. Die Medullarplatte hob sich sehr deutlich hervor. Wie ein Vergleich zwischen Fig. A und B zeigt, hat sich die dorsale Lippe des Urmundes weit nach hinten verschoben. Etwa 10 St. nach der Operation war der Urmund ganz geschlossen.

Fig. 5 C zeigt dasselbe Tier 24 St. nach der Operation. Das Medullarrohr ist geschlossen, die Schwanzknospe beginnt eben hervorzutreten. Im Vergleich zum vorigen Stadium ist die dorsale Lippe weiter nach hinten verschoben, und gleichzeitig hat sich die caudale Hälfte der Gastrula

stark in die Länge gestreckt. Man sieht deutlich, dass eine erhebliche Verschiebung von Material an der Nadel vorbei in caudaler Richtung stattgefunden hat.

Versuchstier N:o 107 (17), Fig. 6 A—B. Der Urmund war schon vollständig kreisförmig und ziemlich klein, als die Nadel eingestochen wurde. Sie durchbohrte in der Medianlinie die dorsale Urmundlippe 30° und die ventrale, etwas nach links von der Medianlinie, 20° oral vom Rande, Fig. 6 A. Die Entwicklung des Versuchstieres vollzog sich normal. 30 St.

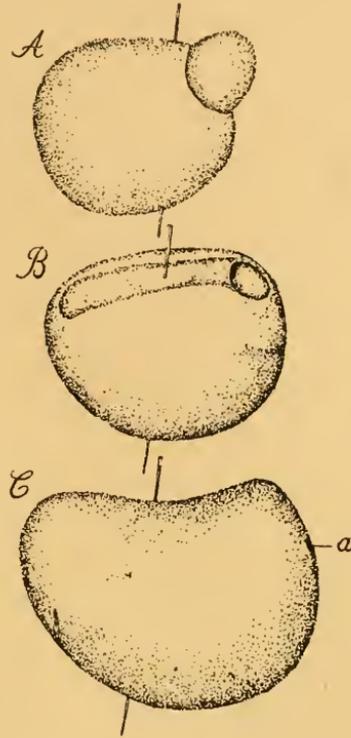


Fig. 5. Versuchstier N:o 100 (17). A. Bei der Operation. B. 7 St. nach der Operation. C. 24 St. nach der Operation. a. Anus.

nach der Operation begann die Bildung der Schwanzknospe, Fig. 6 B. Die Lage der Nadel zeigt, dass die ventrale Lippe ihren Platz nur ganz wenig verändert hat. Dagegen ist die

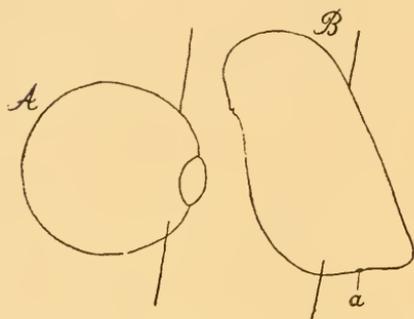


Fig. 6. Versuchstier N:o 107 (17).
A. Bei der Operation. B. 30 St. nach
der Operation. a. Anus.

dorsale Lippe stark rückwärts gewandert, und gleichzeitig hat eine sehr erhebliche Verschiebung von Material in caudaler Richtung stattgefunden. Dieses Material wird hier hauptsächlich zum Aufbau der Schwanzknospe verwendet.

Eine von der üblicherweise als »normal« beschriebenen etwas abwei-

chende Entwicklung zeigen folgende Fälle:

Versuchstier N:o 135 (17), Fig. 7 A—E. In dem Stadium, wo die dorsale Urmundlippe eben erschien, wurde die Nadel ein wenig oral von deren Rande median etwa bis zum Centrum der Blastula eingestochen, Fig. 7 A. 17 St. später war der Urmund beinahe geschlossen, nur ein ganz kleiner Afterpfropf war noch vorhanden. Die dorsale Urmundlippe hat sich inzwischen von der Nadel aus gerechnet kaum caudalwärts verschoben. Die Anlage der Medullarplatte hebt sich nur wenig hervor. Weitere 21 St. später sehen wir dasselbe Tier in Fig. 7 C. Der Urmund ist nur ein klein wenig eingengt worden. Dagegen zeigt es sich, dass jetzt die Afterregion stark in die Länge gewachsen ist, denn die Nadel liegt vom Urmundrand weit entfernt. Die spätere Entwicklung des Versuchstieres geht aus Fig. 7 D und E hervor, die resp. 2 und 4 Tage nach der Operation gezeichnet sind. In Fig. 7 D schliesst sich die Medullarplatte bereits, die Lage der Nadel ist weiter nach oral verschoben. 4 Tage nach der Operation hatte das Tier schon einen langen Schwanz und war beweglich. Die Nadel sass dicht hinter dem Kopf.

Es lässt sich nicht direkt bestimmt entscheiden, wie die Entwicklung in diesem Falle stattgefunden hat. Es liegen

zwei Möglichkeiten vor. Erstens könnte man vermuten, dass hier durch die Nadel eine Zwangslage geschaffen ist, welche die freie Bewegung der dorsalen Urmundlippe anfangs verhindert hat. Die Schliessung des Urmundes muss deshalb

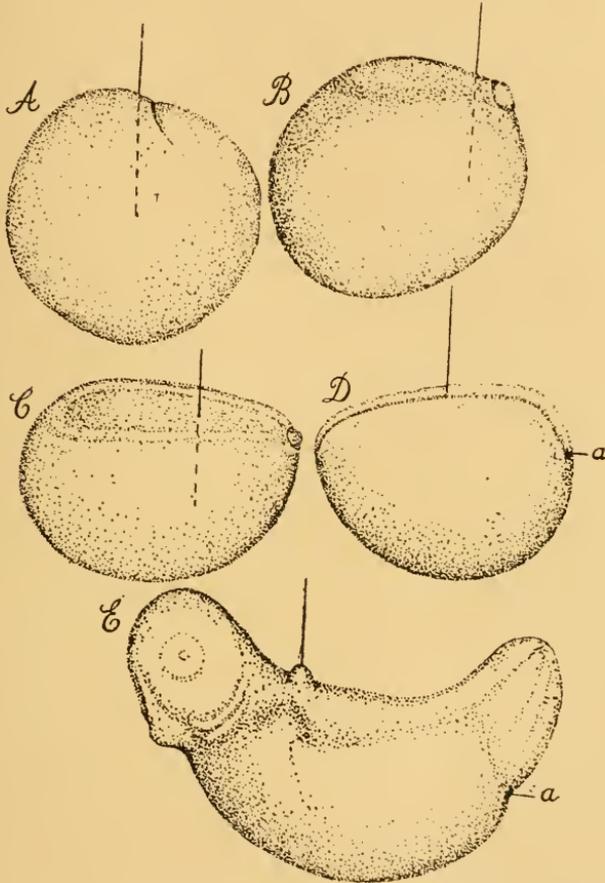


Fig. 7. Versuchstier N:o 135 (17). A. Bei der Operation, B, C, D und E resp. 17, 38 St., 2 und 4 Tage nach der Operation. a. Anus.

in ganz abweichender Weise erfolgen, indem anscheinend die ventro-lateralen Lippen* stärker wachsen. Erst später, seitdem der Urmund ganz klein ist, Fig. 7 B, und der Gastrulationsprozess abgelaufen ist, beginnt auch der dorsale Rand des Blastoporus stärker zu wachsen, und von jetzt an setzt

ein starkes Längenwachstum des Embryos ein. Zweitens könnte man aber auch an die Möglichkeit denken, dass die Nadel gleichzeitig mit der dorsalen Urmundlippe verschoben ist, solange die eigentliche Gastrulation dauerte. Die Wachstumszone, wo eine lebhaftere Zellteilung stattfindet, läge dann oral von der Nadel.

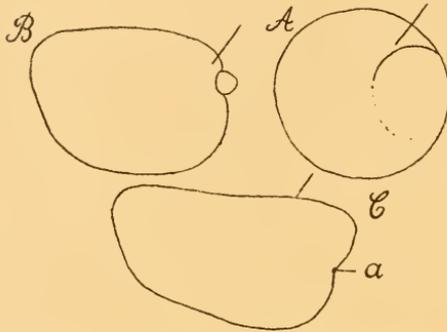


Fig. 8. Versuchstier N:o 141 (17). A. Bei der Operation. B und C 1 resp. 2 Tage nach der Operation. a. Anus.

Versuchstier N:o 141 (17), Fig. 8 A—C. Als die dorsale Blastoporuslippe gerade erschien, wurde die Nadel etwa median dicht oral vom Rande bis zum Centrum der Blastula eingestochen, Fig. 8

A. 24 St. später war der Urmund ganz klein und nur ein kleiner Afterpfropf vorhanden. Der Abstand vom Blastoporusrande bis zur Nadel hatte sich inzwischen kaum vergrößert, Fig. 8 B. Nach weiteren 24 St. hatte sich schon eine grosse Schwanzknospe gebildet, und die Nadel sass weit oral vom Anus, Fig. 8 C. Hieraus geht hervor, dass die Region zwischen der Nadel und dem Blastoporusrande jetzt stark in die Länge gewachsen ist.

Ähnlich wie im vorigen Falle lässt sich auch hier nicht sicher entscheiden, ob die Nadel anfangs mit der dorsalen Lippe gewandert ist, oder ob sie stillgestanden hat und inzwischen die latero-ventralen Lippen verschoben worden sind.

Versuchstier N:o 134 (17), Fig. 9 A—C. In dem Stadium, wo die dorsale Urmundlippe erschien, wurde die Nadel median dicht oral vom Rande der Lippe eingestochen. Die Richtung der Nadel ging etwa parallel der Eiachse durch die Mitte der weissen Eikalotte, Fig. 9 A. 17 St. später war der Urmund beinahe geschlossen, Fig. 9 B. Die Nadel hat ihre Lage am Rande der dorsalen Lippe behalten. Die Medullarplatte fängt erst an sich zu bilden. 3 Tage nach der Operation

war das Medullarrohr geschlossen, und die Schwanzknospe begann hervorzutreten. Die Nadel lag dicht dorsal vom Anus. Im Vergleich zu den zwei früheren Fällen behält die Nadel hier die ganze Zeit hindurch ihre Lage dicht oral (dorsal) von dem dorsalen Blastoporusrande bei, sodass die Schwanzanlage oral (dorsal) von ihr entsteht.

Im Vergleich miteinander zeigen die drei zuletzt angeführten Fälle, dass eine dicht oral von der dorsalen Blastoporuslippe eingestochene Nadel die Verschiebung dieser Lippe in verschiedenem Grade verhindern kann. In Fig. 9 scheint die Nadel die ganze Zeit mitgewandert zu sein und kommt zuletzt dicht oberhalb des Anus zu liegen. In Fig. 8 wandert sie wahrscheinlich einige Zeit mit, bleibt aber dann stecken, sodass die Schwanzbildung zwischen ihr und dem Blastoporusrande erfolgt. In Fig. 7 scheint

schon während der ersten Zeit der Gastrulation die Verschiebung der dorsalen Lippe verhindert worden zu sein. Dafür spricht der Umstand, dass, nachdem der Urmund fast geschlossen ist, aber lange bevor die Medullarplatte sich zu schliessen beginnt, die Partie zwischen der Nadel und dem Blastoporusrande sehr stark in die Länge wächst. Die Nadel bleibt jetzt stecken und kommt zuletzt weit oral im entwickelten Tier zu liegen.

Waren die obigen drei Fälle betreffs der Verschiebung der dorsalen Blastoporuslippe bei der durch die Nadel bedingten Zwangslage noch etwas unsicher, so gibt uns folgender Fall völlige Klarheit in dieser Beziehung.

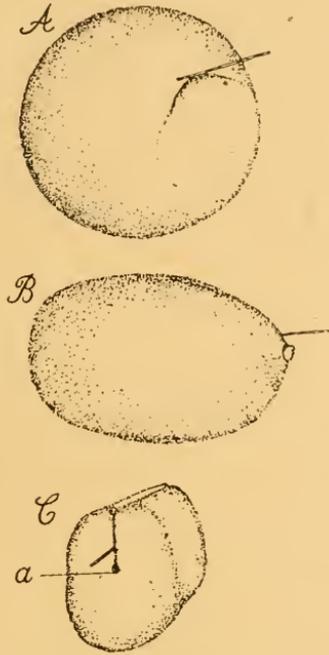


Fig. 9. Versuchstier N:o 134 (17).
A. Bei der Operation. B und C
17 St. resp. 3 Tage nach der Ope-
ration. a. Anus.

Versuchstier N:o 139 (17), Fig. 10 A—D. In dem Stadium, in welchem die dorsale Urmundlippe eben erschien, wurde die Nadel durch die Blastula durchgestochen, und zwar so, dass die Eintrittsstelle dicht oral von dem Rande der Lippe in der Medianebene und die Austrittsstelle an dem entgegengesetzten Pole etwas schräg nach links lag, Fig. 10 A. In Fig. 10 B sehen wir das Tier 15 St. nach der Operation. Der Urmund ist fast geschlossen, nur ein kleiner Afterpfropf ist noch vorhanden. Aus der Lage der Nadel geht deutlich hervor, dass die dorsale Lippe nicht gewandert ist, sondern

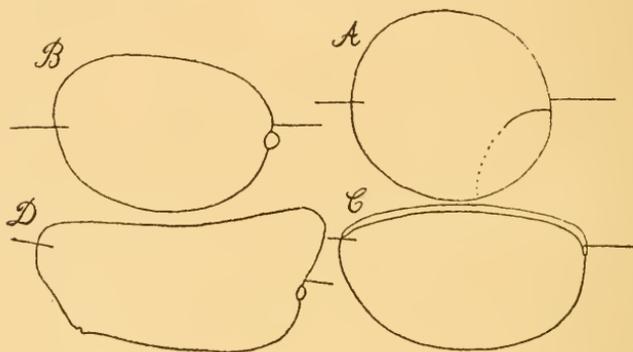


Fig. 10. Versuchstier N:o 139 (17). A Bei der Operation, B, C und D 15 St., 2 und 3 Tage nach der Operation.

die Schliessung des Urmundes muss hier lediglich durch eine excentrische Zusammenschiebung der latero-ventralen Ränder erfolgt sein, und zwar ist die ventrale Lippe etwa um 55° nach dorsal verschoben. Fig. 10 C zeigt uns das Tier 2 Tage nach der Operation. Die Ränder der inzwischen gebildeten Medullarplatte sind schon im Begriff sich zu schliessen. Der Urmund ist gänzlich eingeeengt worden. Die Lage der Nadel zeigt, dass die ganze Medullarplatte oral von der dorsalen Urmundlippe in situ entstanden ist. Die Nadel geht dicht oral vom Anus hinein und erstreckt sich bis zum vorderen Ende der Medullarplatte etwas schief nach links. 3 Tage nach der Operation war die Medullarplatte geschlossen, und eine kleine Schwanzknospe hatte sich entwickelt, Fig. 10 D. Die

Nadel geht jetzt etwa in der Längsrichtung des Embryos vom Anus zum Kopf, ein wenig schräg nach links. Das Tier ist ganz normal.

Meiner Ansicht nach lässt sich dieser Fall dadurch erklären, dass hier durch die Nadel eine wirkliche Zwangslage der Blastula geschaffen worden ist. Die dorsale Urmundlippe hat sich nicht in üblicher Richtung bewegen können, und die Gastrulation ist fast ausschliesslich durch Invagination erfolgt. Die ventrale Lippe ist nicht als Falte in die Länge nach dorsal gewachsen, sondern verschiebt sich, jenachdem ob der Dotterpfropf nach dorsal und oral wandert. Das gesamte Material für die Bildung der Medullarplatte hat sich oral von der Nadel in situ differenzieren müssen und hat es trotz den abnormen Verhältnissen fertig gebracht, dass eine normale Medullarplatte entstanden ist. Es spricht also dieser Fall deutlich zugunsten der Auffassung, dass die Blastula, in Zwangslage geraten, auch andere Auswege als den «normalen» für die Durchführung der Gastrulation ausfindig machen kann.

Versuchstier N:o 132 (17), Fig. 11 A—D. In dem Stadium, wo die dorsale Blastoporuslippe erschien, wurde die Nadel dicht caudal vom Rande median in die weisse Hemisphäre eingestochen. Sie ging senkrecht zur Tangente durch den Eintrittspunkt der Nadel auf der Kugeloberfläche, Fig. 11 A. In dieser Lage sollte die Nadel natürlich die Bewegung der dorsalen Lippe nach caudal verhindern, oder, wenn eine wirkliche Conerescenz der Blastoporuslippen stattfindet, hätte sie einfach umwachsen werden müssen, wobei die rechts- und linkseitige Lippe sich hinter der Nadel vereinigen sollten. Ein solcher Vor-

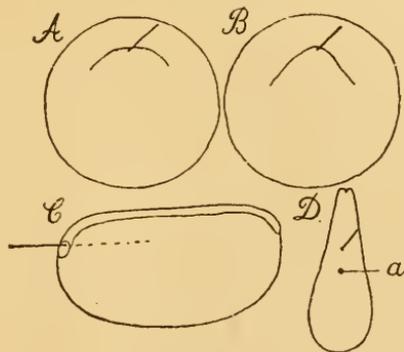


Fig. 11. Versuchstier N:o 132 (17). A Bei der Operation. B, C und D 1 1/2 St., 2 und 3 Tage nach der Operation. a Anus.

den müssen, wobei die rechts- und linkseitige Lippe sich hinter der Nadel vereinigen sollten. Ein solcher Vor-

gang war aber weder hier noch in anderen von mir beobachteten ähnlichen Fällen zu sehen.

1 $\frac{1}{2}$ St. nach der Operation zeigte die dorsale Lippe in der Mitte eine Einkerbung, die darauf hindeutet, dass ihre Verschiebung in der Tat durch die Nadel behindert wurde, Fig. 11 B. Die spätere Entwicklung vollzog sich indessen ganz »normal«. 24 St. nach der Operation war der Urmund beinahe geschlossen, und nach weiteren 24 St. rollten sich die Ränder der Medullarplatte zusammen, Fig. 11 C. Die Nadel sass in dem eingeeengten Urmunde. 3 Tage nach der Operation war eine Schwanzknospe gebildet, und der Anus hatte sich entwickelt. Die Lage der Nadel dorsal von diesen zeigt, dass die letzte Einschnürung des Urmundes excentrisch erfolgt, indem nur der ventrale Teil als Anus besteht, Fig. 11 D.

Auch in diesem Falle ist es offenbar, dass die dorsale Urmundlippe durch die Nadel in Zwangslage gehalten war und nur wenig (wenn überhaupt) nach caudal über die weisse Hemisphäre hat wandern können, wogegen eher eine Invagination des Afterpfropfes in Verbindung mit excentrischer Bewegung der ventro-lateralen Lippen den Urmundschluss zustande gebracht hat.

Versuchstier N:o 149 (17), Fig. 12 A—C. In dem Stadium,

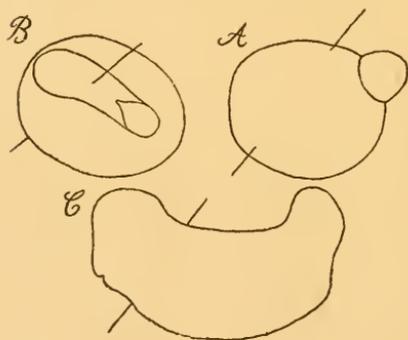


Fig. 12. Versuchstier N:o 149 (17). A Bei der Operation, B 4 St., C 2 Tage nach der Operation.

wo noch ein grosser Afterpfropf vorhanden war, wurde die Nadel durch die Gastrula in der Medianebene etwas oral von der dorsalen Urmundlippe eingestochen, Fig. 12 A. 4 St. später war der Afterpfropf schon vollständig eingestülpt, Fig. 12 B, der Urmund dagegen noch ziemlich gross. Die Medullarplatte fängt an sich hervor-

zuheben. Der Rand der dorsalen Urmundlippe hat eine tiefe Einkerbung in der Medianlinie. Diese ist höchst wahrscheinlich dadurch entstanden, dass die Mitte der Lippe,

weil hier die Nadel einen Fixpunkt bildet, langsamer gewachsen ist als die Seiten. Gleichzeitig geschieht eine starke Verschiebung der latero-ventralen Lippen. Diese abnorme Entwicklungsweise dauerte nur kurze Zeit. Später fing die dorsale Urmundlippe an stärker zu wachsen, und es entstand eine normale Larve, Fig. 12 C.

Versuchstier N:o 108 (17), Fig. 13 A—C. In dem Stadium, wo der Urmund schon kreisförmig war, wurde die Nadel dicht oral vom Urmundrande etwas nach rechts von der dorsalen Medianlinie eingestochen. Sie durchbohrte die Gastrula und trat oral etwas nach links von der Medianebene heraus, Fig. 13 A. Fig. 13 B und C zeigen uns das Tier 31 St.

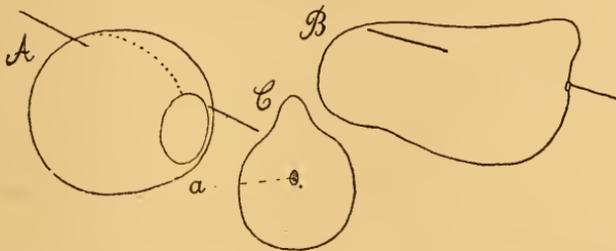


Fig. 13. Versuchstier N:o 108 (17). A Bei der Operation, B und C 31 St. nach der Operation, a Anus.

nach der Operation. Eine kleine Schwanzknospe ist schon vorhanden. Der kleine Anus liegt dicht nach links von der Eintrittsstelle der Nadel. Da diese hier sicher als eine feste Achse bezeichnet werden muss, ist es offenbar, dass der Urmundschluss sich danach gerichtet hat. Die Verschiebung der Urmundränder ist nach dorsal und r e c h t s erfolgt, also in ganz abweichender Weise. Wahrscheinlich ist durch die abnorme Bildung des Anus auch die Differenzierung der Medullarplatte etwas abnorm abgelaufen, indem sie ein wenig schräg zur normalen Medianebene entstanden ist.

Über das Verhalten der ventralen Urmundlippe bei der Gastrulation gehen die Ansichten der Autoren noch auseinander. Während die meisten darin übereinstimmen, dass ihre

Verschiebung in oraler (dorsaler) Richtung sehr klein oder sogar gleich Null ist, wird dagegen von K o p s c h, W i l-

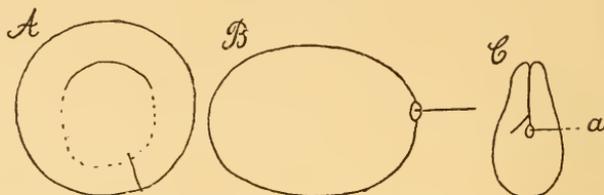


Fig. 14. Versuchstier N:o 136 (17). A Bei der Operation, B und C 16 St. und 2 Tage nach der Operation, a Anus.

son, G o o d a l e und S m i t t diese Verschiebung als eine sehr grosse angegeben.

Um diese Frage zu beleuchten, habe ich folgende Versuche angestellt:

Versuchstier N:o 136 (17), Fig. 14 A—C. In dem Stadium, wo die dorsale Urmundlippe erschien, wurde die Nadel etwas nach rechts von der Medianlinie gleich innerhalb der Randzone der weissen Hemisphäre, in der Gegend eingestochen, wo die ventrale Urmundlippe entsteht, Fig. 14 A. 16 St. später war der Urmund beinahe geschlossen, und die Nadel steckte in der Mitte des kleinen Afterpfropfes, Fig. 14 B. Da die Lage der Nadel in dem Afterpfropf die ganze Zeit als eine feste bezeichnet werden muss, ist es offenbar, dass der Schluss des Urmundes excentrisch erfolgt ist, wobei

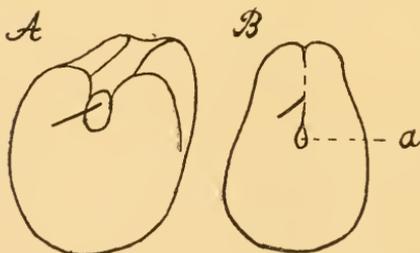


Fig. 15. Versuchstier N:o 145 (17). A Bei der Operation, B 24 St. nach der Operation, a Anus.

die ventrale Lippe ihren Platz kaum verändert hat. Dagegen kann natürlich die Lippe gleichzeitig mit dem Afterpfropf verschoben sein. 2 Tage nach der Operation war das Medullarrohr geschlossen und eine kleine Schwanzknospe vorhanden, Fig. 14 C. Die Nadel steckt jetzt etwas

dorsal vom Anus, was deutlich zeigt, dass der Verschluss des Urmundes zu allerletzt durch excentrisches Zusammenwachsen der Ränder erfolgt.

Um die Schliessung des Urmundes nach der Gastrulation zu verfolgen, habe ich folgenden Versuch gemacht:

Versuchstier N:o 145 (17), Fig. 15 A—B. In dem Stadium, in welchem die Medullarwülste sich einander näherten, wurde in den ovalen, kleinen Urmund die Nadel eingestochen, Fig. 15 A. 24 St. später war eine kleine Schwanzknospe vorhanden, und der Anus hatte sich ausgebildet. Die Nadel steckt ein Stück dorsal von diesem, Fig. 15 B. Es zeigt sich hier wie im vorigen Falle,

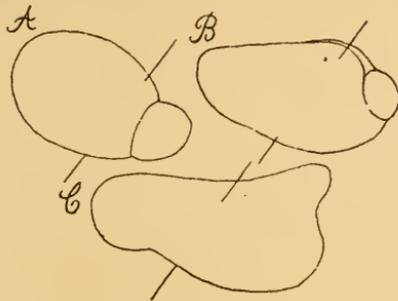


Fig. 16. Versuchstier N:o 153 (17). A Bei der Operation, B 24 St. nach der Operation.

dass nach der Gastrulation der letzte Verschluss des Urmundes durch Zusammenwachsen der Ränder erfolgt. Der ventrale Teil des Urmundes wird zum After.

Zur Beleuchtung des ersten Längenwachstums des Embryos können folgende Versuche erwähnt werden.

Versuchstier N:o 153 (17), Fig. 16 A—C. Die Nadel

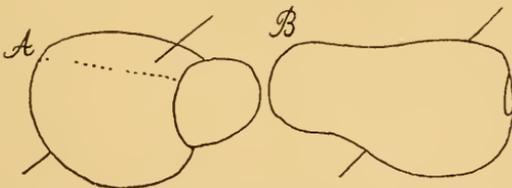


Fig. 17. Versuchstier N:o 114 (17). A Bei der Operation, B 1 Tag nach der Operation.

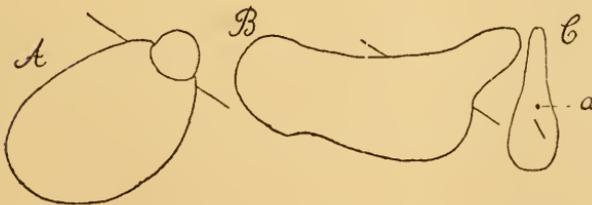


Fig. 18. Versuchstier N:o 116 (17). A Bei der Operation, B, C 2 Tage nach der Operation, a Anus.

wurde ein Stück oral vom Urmundrande bei einer Gastrula mit grossem Afterpfropf eingestochen, Fig. 16 A. In den folgenden Tagen, Fig. 16 B und C, wächst der caudal von der Nadel gelegene Teil auf Kosten der oralen kräftig in die Länge.

Einen etwa ähnlichen Fall wie den obigen stellt auch Versuchstier N:o 114 (17), Fig. 17 A—B, dar.

Versuchstiere N:o 116 (17), Fig. 18 A—B und N:o 150 (17), Fig. 19 A—C, zeigen, wie schnell die Schwanzknospe wächst, nachdem der Urmund geschlossen ist.

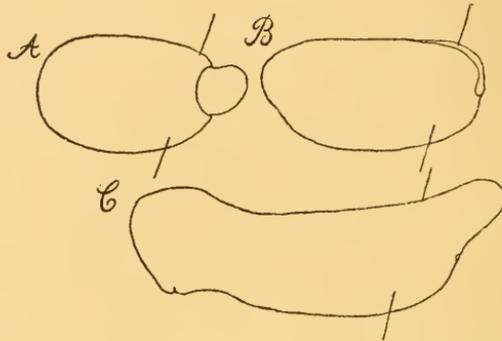


Fig. 19. Versuchstier N:o 150 (17). A Bei der Operation, B und C 1 und 2 Tage nach der Operation.

b) Über künstlich erzeugte Spina bifida.

Seit den Untersuchungen von Roux (88), O. Hertwig (92) u. a. ist die Frage nach der Entstehung von Spina bifida in der Literatur sehr viel erörtert worden. Unter Spina bifida verstehen wir bekanntlich eine durch abnorme Gastrulation bedingte derartige Missbildung, dass die hintere Rückenpartie des Embryos mehr oder weniger gespalten bleibt, wobei die Achsenorgane verdoppelt auftreten. Eine solche Missbildung lässt sich bei Amphibien leicht hervorbringen entweder dadurch, dass man die Eier in geeigneten Salzlösungen aufzüchtet, O. Hertwig, Gurwitsch u. a., oder sie an bestimmten Stellen verletzt, Roux, u. a.

In der Glasnadelmethode haben wir ein neues Mittel, Spina bifida hervorzubringen. Ich gebe hier einen Versuch wieder; Versuchstier N:o 105 (17), Fig. 20 A—D. In dem Stadium, in welchem die dorsale Urmundlippe eben erschien, wurde die Nadel caudal vom Rande median eingestochen und durchbohrte die Blastula, etwa durch das Centrum gehend, Fig. 20 A. Die Verschiebung der dorsalen Blastoporus-

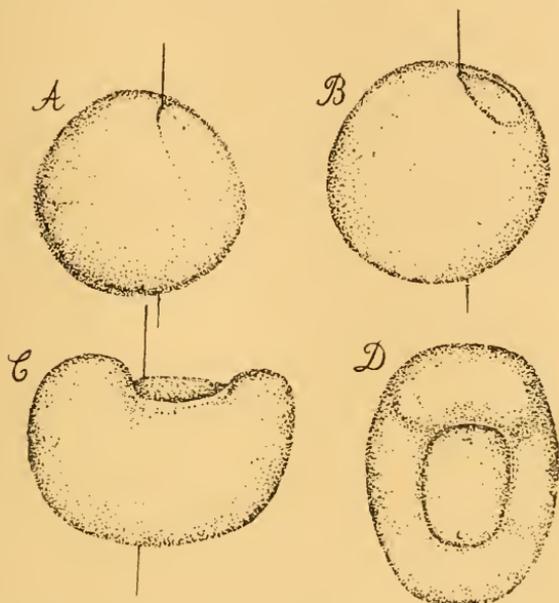


Fig. 20. Versuchstier N:o 105 (17). A Bei der Operation, B 8 St. und C D 2 Tage nach der Operation. C von der Seite, D von oben gesehen.

lippe nach caudal wurde hier durch die Nadel verhindert. 8 St. nach der Operation war der Urmund schon bedeutend verkleinert. Eine tiefe Einkerbung am Rande der dorsalen Lippe zeigt, dass diese hier von der Nadel zurückgehalten wird, Fig. 20 B. Dagegen ist es offenbar, dass die latero-ventralen Lippen sich etwas verschoben haben. Dafür spricht die Einengung des ganzen Urmundes. Die spätere Entwicklung gestaltete sich vollkommen abnorm, indem durch die gestörte Gastrulation eine typische Spina bifida-Form entstand, Fig. 20 C, D. Zwei Tage nach der Operation

war der Urmund noch ganz offen mit einem grossen Afterpfropf. Die Ränder des Urmundes bilden eine ringförmige Erhebung. Oral im Bereiche der Kopfregion ist das Medullarrohr geschlossen. — Die weitere Entwicklung des Versuchstieres konnte nicht verfolgt werden, weil es am dritten Tage nach der Operation gestorben ist.

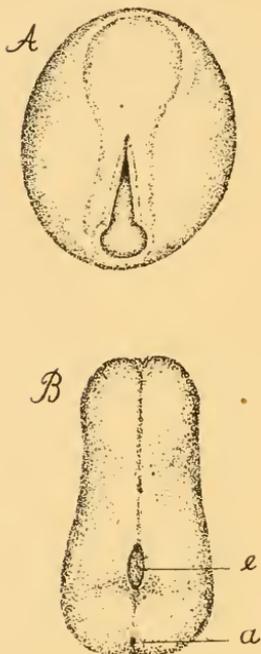


Fig. 21. Versuchstier N:o 103 (17). A Die dorsale Urmundlippe bis zur Urdarmhöhle durchgeschnitten. B 17 St. nach der Operation. *a* Anus, *e* Extraovat, welches die Verschlussung der Rückenpalte verhindert hat.

Dieser Fall scheint mir geeignet, um für die Beleuchtung der Concrecenzfrage benutzt zu werden. Wie aus Fig. 20 A und B hervorgeht, besitzt die dorsale Lippe anfangs eine kräftige Tendenz nach caudal zu wandern. Das einzige Hindernis dabei ist die Nadel, die an einem Punkte in der Medianlinie die Lippe fixiert. Sollte nun die Verschiebung der Lippe in der Weise erfolgen, dass die Ränder, wie von den Anhängern der extremen Concrecenztheorie behauptet wird, links und rechts miteinander *v e r w a c h s e n*, so wäre ja die Nadel dabei kein grösseres Hemmnis. Es lässt sich nämlich sehr gut denken, dass die Lippen sich wieder dicht hinter der Nadel vereinigen können, wenn ihre Bewegungsrichtung von den Seiten gegen die Medianlinie geht. Dass es hier indessen nicht so zugeht,

halte ich für einen Beweis gegen die extreme Concrecenztheorie, wie sie von O. Hertwig, Morgan u. a. dargestellt ist.

Um die Concrecenzfrage weiter zu verfolgen, habe ich folgenden Versuch gemacht:

Bei einer Gastrula, Versuchstier N:o 103 (17), Fig. 21 A—B, bei welcher der Urmund noch offen und die Medullarplatte eben angelegt war, wurde die dorsale Urmundlippe

mit der Glasnadel in der Medianlinie bis etwa zur Mitte des Embryos durchschnitten, Fig. 21 A. Fig. 21 B zeigt das Tier 17 St. nach der Operation. Die Medullarrinne ist jetzt geschlossen, und von dem Urmunde ist nur der ganz typische Anus übriggeblieben. Die sonst normale Larve zeigt nur eine Anomalie, indem das Medullarrohr in seinem hinteren Teil an einer Stelle offen ist, und die Öffnung führt direkt zum Urdarm. Ein Extraovat hat hier einfach mechanisch das Zusammenkleben der aufgeschnittenen Ränder verhindert.

Dieser Fall (ich habe mehrere solche experimentell dargestellt) ist so entstanden, dass die Ränder der aufgeschnittenen dorsalen Urmundlippe nachträglich zusammengewachsen sind, nur an einer Stelle ist dieser Prozess unterblieben, und da hat sich die Öffnung gebildet.

Es könnte dieser Fall zugunsten der Auffassung verwendet werden, dass bei der Verschliessung des Urmundes eine wirkliche Verwachsung der Ränder der dorsalen Urmundlippe in der Medianlinie stattfindet. Hier hat ja in der Tat eine wirkliche Verlötung stattgefunden. Das zeigt uns die oral von der Verwachsungsstelle übriggebliebene Öffnung sehr deutlich. Dass es aber hier zu einer Verwachsung gekommen ist, scheint mir von zwei Faktoren abhängig zu sein. Erstens sind es die Schnittländer, die nachträglich wieder verwachsen; nur an einer Stelle unterbleibt dieser Prozess aus rein mechanischen Gründen. Zweitens verwachsen hier auch die Ränder der Medullarplatte miteinander. Bei der Schliessung der Medullarrinne *v e r w a c h s e n* wirklich die einander begegnenden Stellen der beiderseitigen Falten unabhängig davon, ob der Prozess ein fortlaufender ist oder nicht. Man könnte nämlich annehmen, dass der Verwachsungsprozess ein fortlaufender in dem Sinne sei, dass er z. B. oral anfängt und allmählich in caudaler Richtung fortschreitet, wobei eine Unterbrechung an irgendeinem Punkte zur Folge hätte, dass die Verwachsung caudal von diesem Punkte nicht mehr erfolgen kann. Dass es nicht so ist, lässt sich am einfachsten so feststellen, dass man in die offene Medullarrinne an beliebigen Stellen Glasnadeln einsteckt. Dadurch würde eine in der Längsrichtung fortlaufende Verwachsung unter-

brochen werden. Da dies aber nicht geschieht, ist es verständlich, dass jede Stelle des Randes der Medullarfalte die Fähigkeit besitzt, unabhängig von ihrer Umgebung, mit der zustossenden Stelle des entgegengesetzten Randes zu ver-

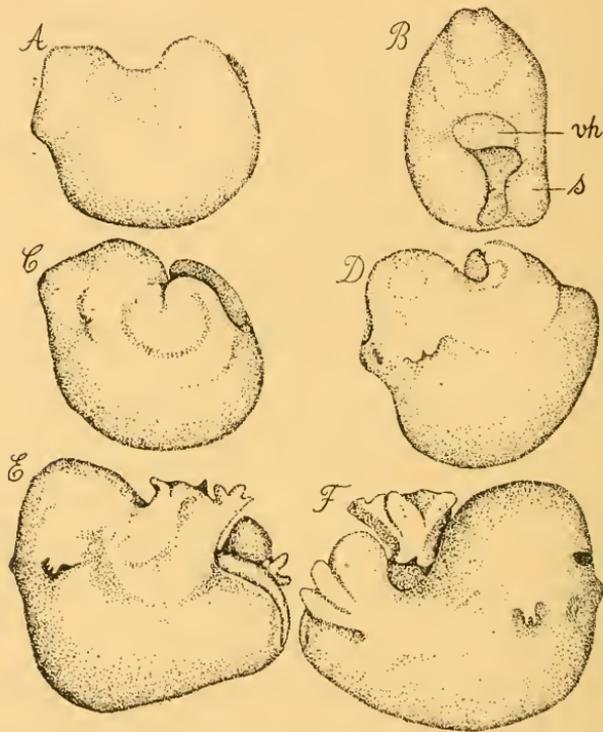
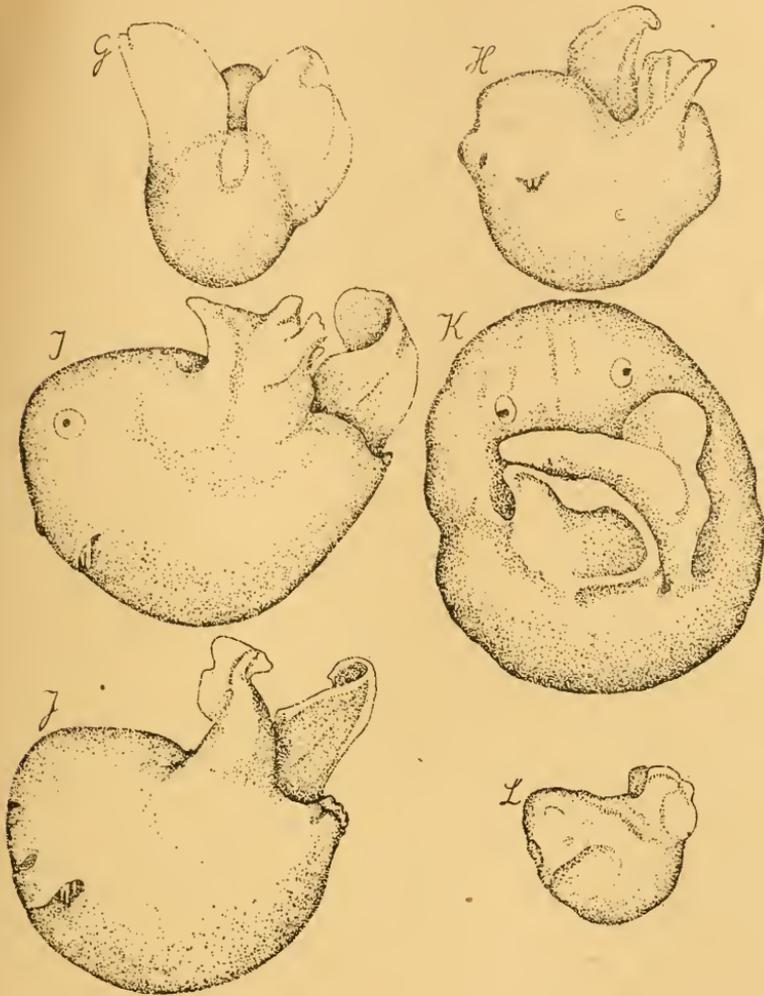


Fig. 22 und 23. Versuchstiere N:o 158 a—h (17). Eine Serie von 8 Gastrulae, die operiert wurden wie Fig. 21 A. Jeden Tag wurde ein Tier fixiert. A B 1 Tag nach der Operation, von der Seite und von oben gesehen, C nach 2 Tagen, D nach 3 Tagen, E, F dasselbe Tier von links und rechts, nach 4 Tagen.

wachsen. In diesem Falle war die Anlage der Medullarfalte bei der Operation schon vorhanden. Nachträglich sind die Ränder dieser Falte genügend nahe aneinandergerückt und haben somit verwachsen können. Es handelt sich hier also um eine Verwachsung der Medullarrinne in Kombination mit Verlötung der Wundränder.



G, H dasselbe Tier von hinten und links, nach 5 Tagen, I nach 6 Tagen, J nach 7 Tagen, K, L dasselbe Tier von oben und links, nach 8 Tagen.

Im Anschluss an den obigen Fall gebe ich hier noch die Entwicklung einer Serie Embryonen mit ausgeprägter Spina bifida wieder. Wie oben wurden gleichzeitig 8 Gastrulae aufgeschnitten, Fig. 21 A, doch ging der Schnitt noch weiter nach oral, etwa bis $\frac{2}{3}$ der Länge der Medullarplatte. Successiv nach 1 Tage wurde ein Tier fixiert, Fig. 22 und 23 A—H. Die

Entwicklung vollzog sich bei allen 8 Embryonen sehr ähnlich, sodass sie gut untereinander verglichen werden können. Eine direkte Verwachsung der Schnittländer fand nicht mehr statt, dazu waren sie nach der Operation zu weit auseinandergegangen.

1 Tag nach der Operation, Fig. 22 B, war das vordere Ende des Medullarrohres geschlossen. Die Schwanzknospe trat in Form von paariger Anlage hervor. Der künstlich vergrösserte Urmunde war weit nach oral offen. Doch hatte sich schon oral eine pigmentierte Haut gebildet, welche sich allmählich nach caudal verschob. Durch diese Haut, welche bei allen Versuchstieren auftrat, wurden allmählich die beiden Hälften des Rückens verbunden und die Urdarmhöhle dorsal bedeckt. Der Urmund wurde immer kleiner, und ein Anus entstand. Die histologische Untersuchung ergab, dass das hintere Ende des Medullarrohres paarig auftrat, Fig. 24. Die mediane Seite der beiden zerspaltenen Hälften war durch eine dünne Membran bedeckt. Die Chorda war in diesem Falle angespalten und lag in der linken Hälfte des Rückens. An der Schnittfläche hatte eine Verwachsung zwischen Ekto- und Entoderm stattgefunden. Die als Bedeckung der Urdarmhöhle von oral nach caudal sich entwickelnde Hautdecke bestand aus Ekto-, Meso- und Entoderm.

2 Tage nach der Operation, Fig. 22 C, war der Embryo stärker gekrümmt. Die Rückenhaul war weiter nach caudal gewachsen, aber der »Urmund« noch gross. Die Chorda war auch bei diesem Tiere ungespalten und lag links.

3 Tage nach der Operation, Fig. 22 D, war die Rückenhaul schon so weit gewachsen, dass vom Urmund nur noch ein kleiner Anus übrig war. Die Schwanzknospen waren stark gekrümmt. Die Chorda war bei diesem Tiere in eine linke und eine rechte Hälfte gespalten. Der Darm war noch beinahe gerade.

4 Tage nach der Operation, Fig. 22 E, F, waren die Schwanzknospen stark gekrümmt und weit differenziert. Der Darm hatte angefangen, sich in normaler Weise zu krümmen. Die Bewegungen der Rückenmuskeln waren

insofern eigentümlich, als der Embryo die beiden Rücken-
hälften unabhängig voneinander bewegen konnte.
Die unter normalen Verhältnissen als Antagonisten wirken-
den Muskelkomplexe waren jetzt
durch die Spaltung des Rückens
vollständig unabhängig vonein-
ander.

5, 6 und 7 Tage nach der Ope-
ration, Fig. 23 G, H, I, J, waren
die Tiere einander sehr ähnlich.
Der Schwanz wurde stark ge-
krümmt und differenziert, die
Kiemen entstanden in normaler
Weise, ebenso der Darm mit Aus-
nahme des Rektums.

8 Tage nach der Operation,
Fig. 23 K, L, war der Darmkanal
normal ausgebildet mit Ausnahme
des Rektums, dessen distaler Teil
nebst Anus unregelmässig war.
Leber, Pancreas, Magen und
Dünndarm waren differenziert.
Auch die Leibeshöhle war normal

und geschlossen, nur im Bereiche des Rektums lagen Un-
regelmässigkeiten vor; der Situs cordis war normal.

Auffallend ist bei diesen Fällen mit ausgeprägter Spina
bifida das Vermögen des Embryos, fast den ganzen Darm-
kanal und die Leibeshöhle normal zu gestalten. Nur im
Bereiche des Afters kommen Unregelmässigkeiten vor. Die
Krümmung des Darmkanals erfolgt in üblicher Weise. Bei
der Operation wird im frühen Neurulastadium $\frac{2}{3}$ der Rücken-
platte durchschnitten, und eine Verwachsung der Schnitt-
ränder findet nicht statt. Erst allmählich werden die beiden
Rückenhälften durch eine sekundäre Hautdecke vereinigt.
Der Umstand, dass, obgleich $\frac{2}{3}$ der Rückenplatte im Neuru-
lastadium dauernd gespalten bleiben, der normale Situs
viscerum et cordis entsteht, scheint mir ein gewisses theore-
tisches Interesse zu haben. Es ist durch Untersuchungen von

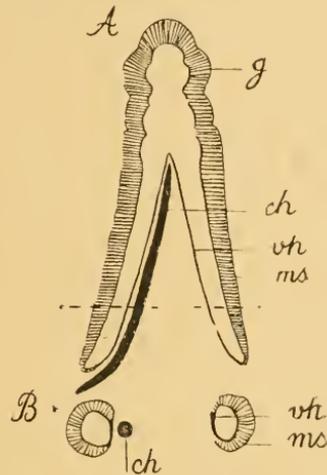


Fig. 24. Schematischer Horizontal- (A) und Vertikalschnitt (B) durch das centrale Nervensystem von Versuchstier, Fig. 22 A, B. *ch* Chorda, *g* Gehirn, *ms* medulla spinalis, *vh* Verwachsungshaut.

Spemann (1906, 1918), die von Pressler (1911) und Meyer (1913) bestätigt sind, bekannt, dass das mittlere Drittel der Rückenplatte im Neurulastadien bei Amphibienlarven eine bestimmte Krümmungstendenz besitzt, die im Stande ist, die Krümmung des ganzen Darmes einschliesslich des Herzens und der Opercularfalte zu beeinflussen. Wird nämlich ein viereckiges Stück aus der Mitte der Rückenplatte ausgeschnitten und um 180° gedreht, so entsteht der Situs inversus viscerum et cordis. Andere Versuche (Spemann, Meyer S. 92), bei welchen das betreffende Stück aus der Rückenplatte entfernt wurde, ergaben jedoch normalen Situs, woraus hervorgeht, dass auch den übrigen Teilen des Darmkanals eine eigene Krümmungstendenz zukommt. Meine Versuche bestätigen diese Auffassung. Das betreffende Stück Rückenplatte ist wohl nicht entfernt, ist aber sicher durch seine Spaltung, wobei an seinen Rändern Ektoderm und Entoderm sekundär verwachsen, verhindert, seine Krümmungstendenz wirksam zu machen. Dessenungeachtet krümmt sich der Darm in üblicher Weise. Es muss also auch der ventrale Teil der Darmanlage eine eigene Krümmungstendenz haben, wenn auch eine schwächere als der dorsale Teil.

VII. *Diskussion der Ergebnisse.*

Die obigen Versuche sind etwas verschieden ausgefallen, und es ist beim ersten Anblick schwer, sie in einheitlicher Weise zu erklären. Es scheint mir jedoch die Verschiedenheit der Resultate von der angewandten Methode abhängig zu sein. Denn eine Nadel entweder ganz durch oder ein Stück in die Blastula zu stecken, bedeutet sicher einen sehr grossen Eingriff in die Entwicklungsbedingungen des künftigen Embryos. Es entsteht dadurch eine wirkliche Zwangslage, wenigstens insofern, als die Nadel nebst dem ihr am nächsten liegenden Gewebe eine unbewegliche Achse bilden. Auch für die weiter von dieser Achse liegenden Geweben wird die Bewegungsfreiheit etwas eingeschränkt, umso mehr, je näher

sie der Nadel liegen. Die Lage der eingesteckten Nade variiert nun sehr stark in den verschiedenen Versuchen. Die Methode muss ja noch als ziemlich grob bezeichnet werden. Es ist deshalb klar, dass eine verschieden angeordnete feste Achse der Blastula eine Verschiedenheit des Gastrulationsprozesses hervorbringen kann. Meine Versuche sind gerade geeignet, zu zeigen, wie gross in der Tat die Fähigkeit der Blastula ist, den Gastrulationsprozess zu variieren, wenn der normale Verlauf in irgendeiner Weise verhindert wird.

Wie schon in dem früher gegebenen geschichtlichen Überblick erwähnt ist, gehen die Ansichten der Autoren über das Verhalten der Blastoporusränder beim Schliessen des Urmundes sehr auseinander. Die Angaben für die Amphibien betreffs der dorsalen Lippe schwanken von 180° — 35° (0°). Es ist klar, dass hierbei verschiedene Arten nicht direkt verglichen werden können.

Meine Experimente an *Rana esculenta* ergeben sehr deutlich, dass eine wirkliche Verschiebung der dorsalen Lippe nach caudal stattfindet. Wie gross diese Verschiebung, gemessen in Graden des Blastula-Äquators ist, kann dagegen nach meiner Methode nicht vollkommen einwandfrei festgestellt werden, denn durch die Nadel wird die Lippe mehr oder weniger stark fixiert. Die Versuche sind deshalb auch verschieden ausgefallen.

In dem Falle, Versuchstier N:o 180, Fig. 4, welcher die grösste Verschiebung aufweist, beträgt diese etwa 50° . Doch glaube ich nach Beobachtungen an nicht operierten Blastulae zu urteilen, annehmen zu können, dass die Verschiebung bei der normalen Entwicklung grösser ist, vielleicht 70 — 80° .

Die ventrale Lippe ist bei *Rana esculenta* sehr klein und wächst auch während der Gastrulation nicht nennenswert, Fig. 1 B. Es kann darum eigentlich keine Rede sein von einer Verschiebung dieser Lippe im Vergleich mit der dorsalen. Dies zeigt z. B. Fig. 14 sehr deutlich. Doch bewegt sich die Lippe ihrerseits in oraler (dorsaler) Richtung dadurch, dass sie gleichzeitig mit dem Afterpfropf bewegt wird. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass teilweise eine wirkliche Invagination stattfindet, teilweise besteht oral (ventral)

von der Lippe eine lebhaftete Zelleilung nebst Zuwachs der Zellen und eine damit verbundene Ausdehnung der betreffenden Region, Fig. 25. Die Verschiebung der ventralen Lippe im Zusammenhang mit dem Afterpfropf beträgt in »normalen« Verhältnissen vielleicht 10—20°.

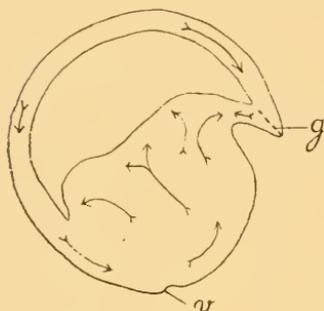


Fig. 25. Schema der Gastrulation. Die Pfeile geben die Richtung der Wachstumsbewegungen an. *g* Grenze zwischen Ektoderm und Entoderm, *v* Lage der ventralen Urmundlippe.

Bei dem von Wilson (00) untersuchten *Corophilus* scheint die ventrale Lippe wirklich, nach Fig. 7 zu urteilen, in die Länge zu wachsen. Dadurch wäre vielleicht die grosse Verschiebung (overgrowth) derselben (47.5°) erklärlich. Nach Morgan (02, S. 254) ist diese von Wilson angegebene Zahl jedoch viel zu hoch. Betreffend *Cryptobranchus*

alleghehiensis wird von Smith angegeben, dass die ventrale Lippe sich sogar 60° bewegt.

Um eine Übereinstimmung bei den Beschreibungen zu gewinnen, gilt es zuerst festzustellen, ob die ventrale Lippe sich überhaupt verlängert wie die dorsale, oder ob sie nur, wie bei *Rana esculenta*, als eine kurze Erhebung auftritt. In diesem Falle kann sie natürlich nicht wie die dorsale wandern (overgrowth), sondern wird eher bei der Invagination vom Afterpfropf mitgeschleppt.

Von mehreren Autoren (Jordan 93, S. 349; Kopsch 95, S. 27; Eycleshimer 98, S. 475; King 01, S. 548; Wilson 02, S. 126; Morgan 04, S. 86) wird die Gastrulation so dargestellt, dass dabei ein Einrollen der Urmundlippen stattfindet. Zellen, welche erst an der Aussenfläche der Lippe liegen, also zum Ektoblast gehören, schreiten während der Invagination über den Rand hinweg und werden dann als Entoblast hineingezogen. Eine Folge von diesem Vorgang ist, dass die Randzellen beständig erneuert werden. Als Beweis dafür, dass ein solches Einrollen wirklich stattfindet, wird angeführt (z. B. Jordan, S. 349), dass pigmentierte

Ektodermzellen später innerhalb des Urmundes als Wandzellen des Urdarmes auftreten.

Meine Untersuchungen an *Rana esculenta* sprechen nicht für eine solche Auffassung des Gastrulationsprozesses. Mit Ausnahme einer ganz schmalen Zone am Rande der Urmundlippe habe ich keine pigmentierten Zellen in der Wand des Urdarmes gefunden. Auch die Experimente mit der Nadel zeigen, dass ein Einrollen der Urmundlippe nicht stattfindet. Durch die Nadel werden ja das Ekto- und Entoderm der Lippe aneinander fixiert und können nicht vorbeigleiten.

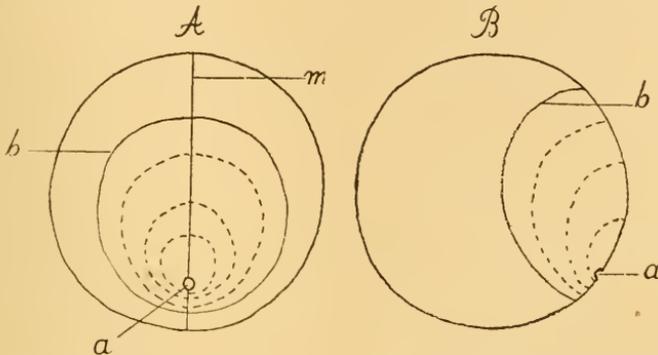


Fig. 26. Schema des Urmundschlusses. A Blastula von hinten und B von der Seite gesehen. a Anus, b ursprüngliche Grenze zwischen der weissen und schwarzen Hemisphäre, m Medianlinie des künftigen Embryos. Die gestrichelten Linien zeigen successive Lagen des Urmundrandes.

In Anbetracht der grossen Bedeutung des Urmundrandes bei der Gastrulation scheint es mir wahrscheinlich, dass dieser die ganze Zeit hindurch ziemlich unverändert bleibt, dass also die Randzellen immer direkte Nachkömmlinge der ursprünglichen Randzellen, wie sie beim Beginn der Gastrulation auftreten, sind. Die Untersuchungen von Wilson (00) u. a. zeigen, dass der Gastrulationsprozess gerade eingeleitet wird durch eine scharfe Differenzierung der Zellen an der Grenze zwischen der weissen und dunklen Hemisphäre der Blastula. Gegen die Auffassung, dass ein Einrollen der Blastoporusränder stattfindet, spricht meiner Ansicht nach auch folgende Überlegung. Der Urmund wird während der Gastrulation allmählich eingeengt; Fig. 26. Wenn nun ein

Einrollen geschieht, so passiert eine jede kreisförmige Zone von Zellen, die beim Beginn der Gastrulation ausserhalb des Urmundrandes liegt, in einem bestimmten Moment den Rand. Dieser Kreis ist natürlich grösser als der Urmundrand. Man sollte also erwarten, dass der Urmund successive grösser werde, solange das Einrollen stattfindet. In Wirklichkeit verengert er sich fortwährend.

Wie schon früher im geschichtlichen Teil erwähnt wurde, wird von vielen Autoren der Urmundschluss als eine Art Concrecenz der Urmundlippen aufgefasst. Ich finde in meinen Untersuchungen keine Stütze für die Auffassung, dass hierbei eine wirkliche *V e r w a c h s u n g* stattfindet. Wenn dies der Fall wäre, könnte eine in die Medianlinie (der künftigen Gastrula) caudal von der dorsalen Urmundlippe eingestochene dünne Nadel kein Hindernis für einen solchen Prozess sein, Fig. 20. Bei meinen Versuchen hindert sie aber jegliche Bewegung des Urmundrandes in caudaler Richtung. Dagegen stellt eine Nadel kein Hindernis für die Zusammenwachsung der Ränder der Medullarplatte dar. Die Schliessung des Urmundes geschieht vielmehr etwa ähnlich, wie sich ein ausgehnter Gummiring nach dem Aufhören der Spannung wieder zusammenzieht. Wie schon früher dargestellt, geschieht dieses Zusammenziehen excentrisch. Durch lebhaftere Zellteilungen wird der Urmundrand so eingeengt, dass die Zahl der Randzellen immer kleiner wird. Gleichzeitig findet auch in der Region oral vom Rande eine Zellteilung und ein Zellzuwachs, an Intensität von dorsal nach ventral abnehmend, statt. Dadurch wird die excentrische Schliessung des Urmundes bedingt, Fig. 26.

In einigen Fällen (z. B. Fig. 12 B) entsteht in der Mittellinie der dorsalen Urmundlippe eine mehr oder weniger tiefe Einkerbung, die den Anschein erweckt, dass es sich hier um eine wirkliche Zusammenwachsung der Urmundränder mit Nahtbildung handelt. Das geschieht aber in Wirklichkeit nicht, weil das Gewebe plastisch dehnbar ist. Vielmehr erinnert der Prozess an die Verschmelzung eines gebogenen Glasstabes ohne Nahtbildung, wie es von *K e i b e l* (nach *G r ä p e r*) dargestellt worden ist (S. 336). Auch bei der

Entwicklung des Operculums der Anurenlarven gewinnt man den Eindruck, dass die von oral nach caudal sich verschiebende Opercularfalte mit der Bauchhaut unter wirklicher Nahtbildung verwachsen sollte. Dass es aber nicht so ist, habe ich (Ekman S. 586) experimentell nachgewiesen. Die Opercularfalte verschmilzt vielmehr in der Weise mit der Bauchhaut, dass immer neue Partien dieser Haut in die Falte miteinbezogen werden.

In der Bildung der Spina bifida-Embryonen sieht O. Hertwig (92) einen direkten Beweis für die Richtigkeit der Conrescenztheorie. Indessen ist von mehreren Autoren (Gurwitsch, Morgan, Spemann, u. a.) gezeigt worden, dass diese Missbildungen auch in anderer Weise erklärbar sind. Auch wenn der Urmundschluss so stattfindet, wie Fig. 26 es zeigt, rücken ja die anfangs lateral gelegenen Urmundränder allmählich näher der Medianlinie des künftigen Embryos. Das Anlagematerial der Achsenorgane entsteht also auch hier aus zwei Hälften. Diese verwachsen aber nicht miteinander unter Nahtbildung, sondern verschmelzen allmählich zu einer Medullarplatte.

Im geschichtlichen Teil wurde schon kurz erwähnt, wie Experimente mehrerer Forscher gezeigt haben, dass der Gastrulationsprozess in verschiedener Weise verlaufen kann. Besonders erklärend sind in dieser Beziehung die jüngsten Versuche Spemanns (18). Auch meine Experimente zeigen, dass die Gastrulation, wenn der normale Verlauf verhindert wird, in abnormer Weise stattfinden kann.

Der Gastrulationsprozess, so wie er bei den Amphibien stattfindet, ist von sehr durchgreifender Art. Es geschieht eine Umlagerung und Verschiebung des ganzen Anlagematerials, so wie es noch in der Blastula liegt. Die Hauptorgane des Embryos werden dabei angelegt. Beim Beginn der Gastrulation besteht die Blastula schon aus zahlreichen Zellen verschiedener Grösse. Eine direkte Mischung des heterotropischen Protoplasmas, wie in dem noch ungeteilten Ei, ist nicht mehr möglich. Erst nach Ablauf der Gastrulation beginnt eine sichtbare Differenzierung der Zellen. Bei der Gastrulation findet eine weitgehende Verschiebung verschie-

dener Zellschichten statt, entweder durch eine Invagination des vegetativen Poles oder durch Umwachsen desselben durch die Blastoporusränder. Mechanisch lässt sich eine solche Verschiebung durch ungleich schnellen Zuwachs der Zellen verstehen. Die Wand der Blastula wird dabei verschieden stark gespannt, wobei Faltenbildungen entstehen. Die Zellteilung als solche bedingt noch keine Verschiebung der Teile der Blastula. Doch scheinen die kleineren Zellen, also Stellen mit lebhafter Zellteilung, auch am schnellsten zu wachsen. Das Tempo der Zellteilung ist vom Bau des Eiprotoplasmas abhängig. Der animale Pol zeigt bekanntlich eine lebhaftere Teilung als der vegetative.

Wenn nun auch bei den verschiedenen Experimenten das sich furchende Ei oder die Blastula irgendwie *m e c h a n i s c h* (durch Einschnürung, Festkleben, Glasnadeln u. a.) in Zwangslage gehalten wird, das Tempo der Zellteilungen und die Wachstumsgeschwindigkeit der Zellen wird dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt. Die durch ungleich schnelles Wachstum bedingte ungleiche Spannung in der Blastulawand besteht jedenfalls und wird mechanisch ausgelöst durch eine Verschiebung der verschiedenen Teile. Ein Festhalten einer Stelle der Wand (z. B. durch die Nadel) bringt es mit sich, dass die umliegenden Partien sich bewegen. Ist nun dieser fixierte Punkt z. B. die normal sich stark verschiebende dorsale Urmundlippe, so folgt daraus, dass anstatt dieser Lippe, die ventrale Lippe (inclusive des Afterpfropfes) bewegt wird. Natürlich verzögert sich dabei der ganze Prozess mehr oder weniger, aber das Endresultat wird annähernd dasselbe.

Dass die Gastrulation gerade am dorsalen Urmundrande beginnt, hängt von der Art der Zellen an dieser Stelle ab. Hier bildet sich zuerst eine scharfe Grenze zwischen grossen vegetativen und kleinen animalen Zellen aus. Wie experimentell gezeigt ist, hängt die Schnelligkeit der Zellteilung und die Wachstumsgeschwindigkeit der Zellen von verschiedenen physikalisch-chemischen Bedingungen ab. Niedere Temperatur und verschiedene Salzlösungen z. B. verlangsamten die Wachstumsprozesse des vegetativen Poles mehr als die des animalen. Dadurch wird die Einstülpung des

Afterpfropfes stark verspätet. Erhält sich der Afterpfropf zu lange Zeit uneingestülpt, so kann er sogar das Schliessen des Urmundes rein mechanisch verhindern. Dabei entsteht Spina bifida.

Die sichtbare Differenzierung der Zellen beginnt erst nach dem Aufhören des Gastrulationsprozesses. Bis dahin sind, wie besonders S p e m a n n (1918) gezeigt hat, z. B. die verschiedenen Ektodermzellen noch ganz »neutral«. Zellen aus der künftigen Bauchregion und von der Medullarplatte können vertauscht werden. Sie differenzieren sich nach den Anforderungen der neuen Umgebung. Ihre prospektive Potenz ist also eine »Funktion der Lage«. An sich sind also alle Zellen anfangs omnipotent. Später aber wird ihre prospektive Potenz gänzlich fixiert. Eine Zelle aus der schon sichtbaren Medullarplatte erzeugt eine Nervenzelle, die äusserlich undifferenzierte Zelle der Riechplakode erzeugt eine Riechsinneszelle u. s. w., wie experimentell festgelegt ist. Es gibt im Leben jeder embryonalen Zelle eine kritische Periode, während welcher die Omnipotenz auf eine specielle Potenz eingeschränkt wird, es findet eine Differenzierung statt. Für das Anlagematerial der wichtigsten Organe scheint diese Periode mit der Beendigung der Gastrulation einzutreten. Auch in dem Falle, wenn eine abnorme Gastrulation vorliegt, findet die Differenzierung statt. Die »Lage« der Zellen braucht keine absolut normale zu sein. Dies zeigen z. B. die Spina bifida-Embryonen, die durch verhinderte Schliessung des Urmundes erzeugt werden. Das Anlagematerial der Achsenorgane (Medulla und Chorda) hat wohl lateral die typische Umgebung, ist aber median ganz disorientiert, weil hier eine Trennung der beiden Anlagehälften vorliegt. Hier scheint aber schon die richtige laterale Umgebung zu genügen, um die prospektive Bedeutung zu bestimmen. Es handelt sich um eine Funktion der Teillage.

Wie nun aber die »Lage« eine ganz bestimmte Differenzierung der anfangs undifferenzierten Zellen auslösen kann, ist eine Frage, die zurzeit wenig aufgeklärt ist. Die physikalisch-chemischen Kräfte, die hier ihr Spiel treiben, lassen sich noch nicht näher bestimmen.

VII. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Gastrulation geschieht bei *Rana esculenta* teils durch eine Verschiebung der Urmundränder über die weisse Hemisphäre, teils durch eine Invagination. Die Verschiebung ist am stärksten (etwa 70°) an der Medianlinie der dorsalen Lippe, nimmt von da nach ventral ab. Die ventrale Lippe ist ganz kurz und verschiebt sich nur unbedeutend in die Länge, dagegen wandert sie mit dem Afterpfropf bei der Invagination nach oral (dorsal). Bei der Gastrulation bleibt der Urmundrand konstant, es findet kein Einrollen von Ektoderm über den Urmundrand hinein zu Entoderm statt. Die Schliessung des Urmundes erfolgt excentrisch. Ein Zusammenwachsen der Urmundränder (Concrescenz) findet nicht statt. Nur bei der Entstehung des Anus erfolgt im Zusammenhang mit der Bildung des Medullarrohres und der Schwanzknospe ein Zusammenwachsen von links- und rechtsseitigem Bildungsmaterial.

Wird durch eine in die Blastula eingestochene Glasnadel die Bewegung der dorsalen Lippe entweder nur zum Teil oder vollständig verhindert, so geschieht eine Regulation des Gastrulationsprozesses. Die Schliessung des Urmundes erfolgt durch eine tiefere Invagination und gleichzeitige grössere Verschiebung der ventralen, resp. ventro-lateralen Lippe. Die Bildung der Medullarplatte erfolgt entsprechend weiter oral durch Differenzierung in situ. Durch Zerspalten der hinteren Medullarplattenhälfte nebst der dorsalen Urdarmwand erzeugte Spina bifida-Embryonen erhalten ein verdoppeltes Medullarrohr und doppelte Chorda. Die Entwicklung des Darmes mit Ausnahme des Rektums erfolgt normal.

Literaturverzeichnis¹⁾.

- Asshelon, R.* On the Growth in Length of the Frog Embryo. Quart. Journ. micr. Sc. New. Ser. Vol. XXXVII. 1895.
- Bertacchini, P.* Morfogenesi e Teratogenesi negli Anfibi anuri. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. Bd. XVI. 1899.
- Born, G.* Ueber Druckversuche an Froscheiern. Anat. Anz. Bd. VIII. 1893.
- Brachel, A.* Recherches sur l'ontogenese des Amphibiens urodeles et anoures (Siredon fiscif., Rana temp.). Arch. d. biol. T. XIX. Liege. 1902.
- Davidoff.* Bemerkungen zu O. Hertwigs Untersuchungen: Urmund und spina bifida. Anat. Anz. Bd. VIII. 1893.
- Ekman, G.* Die Entstehung des Peribranchialraumes und seine Beziehungen zur Extremitätenanlage bei Bombinator. Anat. Anz. Bd. XL. 1912.
- v. Erlanger, R.* Ueber den Blastoporus der anuren Amphibien, sein Schicksal und seine Beziehungen zum bleibenden After. Zool. Jahrb. 1889.
- Eycleshymer, A. C.* The Early Development of Amblystoma etc. Journ. Morph. Vol. X. 1895.
- Basis of the Amphibian Embryo. Ebenda. Vol. XIV. 1898.
- Goette, A.* Die Entwicklungsgeschichte der Unke. Leipzig. 1875.
- Goodale, H. W.* The early Development of Spelerpes bilineatus. Amer. Journ. Anat. Vol. XII.
- On Blastopore Closure in Amphibia. Anat. Anz. Bd. XXXVIII. 1911.
- Grönroos, Hj.* Die Gastrula und die primitive Darmhöhle des Erdsalamanders. Anat. Anz. Bd. XIV. 1898.
- Gurwitsch, A.* Über die formative Wirkung des veränderten chemischen Mediums auf die embryonale Entwicklung. Arch. f. Ent. Mech. d. Org. Bd. III. 1896.
- Hatscheck, B.* Studien über d. Entwicklung d. Amphioxus. Arb. Zool. Inst. Wien u. Triest. Bd. IV. 1881.

¹⁾ Wegen des Krieges ist mir ein beträchtlicher Teil der neuesten Literatur nicht zugänglich gewesen.

- Hertwig, O.* Die Entwicklung des mittleren Keimblattes der Wirbeltiere. Jenaische Zeitschr. Bd. XVI. 1883.
- »— Urmund und Spina bifida. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIX. 1892.
- »— Die Lehre von den Keimblättern. Hertwigs Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Bd. I. 1906.
- »— Missbildungen und Mehrfachbildungen, die durch Störung der ersten Entwicklungsprozesse hervorgerufen werden. Ebenda.
- »— Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere. Jena. 1915.
- His, W.* Untersuchungen über die Entwicklung von Knochenfischen, besonders über diejenige des Salmens. Zeitschr. f. Anat. u. Entw. Bd. I. 1875.
- Jordan, E. O.* The Habits and Development of the Newt. Journ. Morphology. Vol. VIII. 1893.
- Keibel, Franz.* Die Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Die Kultur der Gegenwart. II. Zoologischer Teil. Leipzig-Berlin. 1913.
- King, H. D.* Experimental Studies on the Formation of the Embryo of *Bufo lentiginosus*. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. Bd. XIII. 1901.
- Kopsch, Fr.* Ueber die Zellbewegungen während des Gastrulationsprozesses an den Eiern vom Axolotl und vom braunen Grasfrosch. Sitz. Ber. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1895.
- »— Ueber das Verhältnis der embryonalen Achsen zu den 3 ersten Furchungsebenen beim Frosch. Internat. Monatschrift f. Anat. u. Phys. Bd. XVII. 1900.
- Korschelt, E. und Heider, K.* Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Wirbellosen Thiere. Allgemeiner Teil. Capitel VII u. VIII. Jena. 1909.
- Lwoff, B.* Ueber einige wichtige Punkte in der Entwicklung des Amphioxus. Biolog. Centralblatt. Bd. XII. 1892.
- Meyer, R.* Die ursächlichen Beziehungen zwischen dem Situs viscerum und Situs cordis. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. Bd. XXXVII. 1913.
- Minot, Sedgwick.* The conrescence Theory of the Vertebrate Embryo. Amer. Nat. Vol. XXIV. 1889 u. 1890.
- Morgan, T. H.* Experimental Studies on the Teleost Eggs. Anat. Anz. Bd. VIII. 1893.
- »— The Formation of the Embryo of the Frog. Ebenda. Bd. IX. 1894.
- »— Die Entwicklung des Froscheies. Übersetzt von B. Solger. Leipzig. 1904.

Morgan, T. H. The Relation between normal and abnormal Development of the Embryo of the Frog, as determined by Injury to the Yolk Portion of the Egg. *Archiv. f. Ent. Mech. d. Org.* Bd. XV. 1903.

Morgan, T. H. and Tsuda, U. Orientation on the Frog Egg. *Quart. Journ. micr. Sc.* Vol. XXXV. 1894.

Pflüger, E. Ueber den Einfluss der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen und auf die Entwicklung des Embryo. Zweite Abtheilung. *Pflügers Archiv.* Bd. XXXII. 1883.

Pressler, K. Beobachtungen und Versuche über den normalen und inversen Situs viscerum et cordis bei Anurenlarven. *Arch. f. Entw. Mech. d. Org.* Bd. XXXII. 1911.

Rauber, A. Primitivstreifen und Neurula der Wirbeltiere in normaler und pathologischer Beziehung. Leipzig. 1877.

Robinson, A. and Assheton, R. The Formation and Fate of the Primitive Streak with Observations on the Archenteron and Germinal Layers of *Rana temporaria*. *Quart. Journ. micr. Sc.* Vol. XXXII. 1891.

Roux, W. Gesammelte Abhandlungen. Bd. II. Leipzig.

—»— Ueber die Lagerung des Materials des Medullarrohres im gefurchten Froschei. *Anat. Anz.* 1888.

—»— Ueber die künstliche Hervorbringung halber Embryonen durch Zerstörung einer der beiden ersten Furchungskugeln. *Virchows Arch.* Bd. CXIV. 1888.

—»— Bemerkungen über die Achsenbestimmung des Froschembryo und die Gastrulation des Froscheies. *Arch. f. Ent. Mech. d. Org.* Bd. XIV. 1902.

Schultze, O. Ueber die Entwicklung der Medullarplatte des Froscheies. *Verh. d. Phys. med. Ges. zu Würzburg.* Bd. XXXII. 1890.

—»— Ueber die Notwendigkeit der freien Entwicklung des Embryo. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. LV. 1900.

Smith, B. G. The embryology of *Cryptobranchus allegheniensis*, including comparisons with some other vertebrates. *Journ. of Morphol.* Vol. XXIII. 1912.

Spemann, H. Entwicklungsphysiologische Studien am Triton-Ei I—III. *Archiv. f. Entw. Mech. d. Org.* Bd. XII, XV, XVI. 1901, 1902, 1903.

—»— Über eine neue Methode der embryonalen Transplantation. *Verhandl. d. Deutsch. Zoolog. Gesellsch.* 1906.

—»— Über die Determination der ersten Organanlagen des Amphibienembryo. *Arch. f. Ent. Mech. d. Org.* Bd. XLIII. 1918.

Wilson, H. V. Formation on the Blastopore in the Frog Egg. *Anat. Anz.* Bd. XVIII. 1900.

—»— Closure of Blastopore in the normally placed Frog Egg. *Ebenda.* Bd. XX. 1902.

Ziegler, Fr. Zur Kenntnis der Oberflächenbilder der Rana-Embryonen. Anat. Anz. Bd. VII. 1902.

Ziegler, H. E. Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der niederen Wirbeltiere in syst. Reihenfolge u. m. Berücksichtigung d. experim. Embryologie bearbeitet. Jena 1902.

Inhaltsverzeichnis.

I.	Einleitung	S. 1
II.	Geschichtliches	» 2
III.	Material und Methode	» 9
IV.	Bemerkungen über die normale Gastrulation	» 11
V.	Die verschiedenen Experimente	» 14
	a) Über die Verschiebung der Urmundlippen	» 14
	b) Über künstlich erzeugte Spina bifida	» 28
VI.	Diskussion der Ergebnisse	» 36
VII.	Zusammenfassung der Ergebnisse	» 44
	Literaturverzeichnis	» 45

Redogörelse för fortgången af de astrofotografiska arbetena å observatoriet i Helsingfors under tiden juni 1918 till maj 1919.

Af

Anders Donner.

(Meddeladt den 17 november 1919).

Personalen

har under året utgjorts af mig såsom ledare, af e. o. professorn R. Furuholm såsom af universitetet anställd underchef, docenten doktor F. Iversen och magister J. E. Renholm såsom assistenter. Den tredje assistentplatsen innehades under september månad af studeranden A. Frank, som därefter helt öfvergick till affärsmannabanan, sköttes därpå under januari t. o. m. april af studeranden V. R. Ölander, som då måste afbryta för fullgörandet af sin värneplikt, samt under maj af studeranden G. Järnefelt. Filosofiemagistern fröken G. Helin har fortfarande handhaft en del arbeten, som tidigare varit anvisade åt assistenterna. I mätningar och beräkningar hafva deltagit följande damer: fröken N. Helin under hela året, fröken H. Stenbäck ända till sitt den 23 mars timade frånfälle, fröken A. Sohlström äfvenledes under hela året samt fröken O. Segersven under maj och en del af juni månad. Fru R. Holm måste tyvärr uppsäga sig vid årets början till följd af bortflyttning från orten.

Det är mig ett stort nöje att till samtliga vid byrån anställda, både dem som af olika anledningar måst afbryta arbetet och dem som kvarstå, uttrycka min tacksamhet för deras omsorgsfulla och intresserade deltagande i arbetena, hvilkas framgång är så beroende af att den afsedda noggrannheten ständigt iakttages. Djupt hafva vi beklagat bortgången af fröken *Stenbäck*, som ända sedan år 1896 regelbundet tagit del i de pågående arbetena och hvars plikttrogna och hängifna arbete, fortsatt ända till det sista, oaktadt krafterna längesedan begynt svika, hos oss skall bevaras i aktadt minne.

Mätningar.

Mätningarna hafva utförts enligt samma plan som tillföre, för hvardera koordinaten skildt för sig och i två motsatta plåtlägen samt med anordningar för att i möjligaste mån borteliminera personliga fels inflytande.

Mätningarna hafva handhafts af fröknarna *N. Helin* och *H. Stenbäck* samt i slutet af våren af fröken *O. Seger Sven*. Då antalet af mätande nu varit mindre än föregående år och det förlöper en viss tid innan en nytillträdande uppnår full arbetsintensitet, har utbytet blifvit mindre än tidigare. Det är främst antalet af plåtar som härvid påverkats, då mätningarna hänfört sig till en af de stjärnräkaste trakterna af vår zon, i Vintergatan, invid Svanens stjärnbild. Årsresultatet är 11 plåtar innehållande sammanlagt 8,524 stjärnor, sålunda för hvar plåt i medeltal 775 stjärnor. Hela antalet hittills mätta plåtar stiger härigenom till 982, återgifvande tillsammans 272,903 stjärnpositioner. På hvarje plåt kommer således i medeltal 278 stjärnor.

Endast 26 plåtar äro ännu omätta.

Kartor, på hvilka utmärkts läget af hvarje på plåten förekommande stjärna, hafva under året upprättats af frök-
narna N. H e l i n och S t e n b ä c k för 30 plåtar. Härmed
är detta arbete *slutfördt* för alla plåtar af zonen.

På kartorna öfver de plåtar som skulle tagas under mät-
ning har jag med nummer utmärkt alla objekt som afsetts
att underkastas mätning, därvid rådfrågande kartorna öfver
de denna delvis täckande plåtarna äfvensom kartfotografien
öfver samma himmelstrakt som katalogfotografien omfattar;
samtidigt har jag uppskattat nämnda stjärnors apparenta
storleksklasser. Detta har under året utförts af mig för
11 plåtar.

Professor F u r u h j e l m har meddelat följande om de
af honom ledda

Arbetena med stereokomparatorn.

Under året hava arbetena fortsatts för den del av
Helsingforszonen, som faller mellan 6 och 9 timmar i
rectascension. Den förberedande granskningen av plåtarna,
vilken har till ändamål uppsökande av de stjärnor, vilkas
egenrörelse skola bestämmas, slutfördes under hösten.
På nyåret vidtogo mätningarna, och medhunnos under
vårens lopp 30 plåtpar. Å dessa utmättes 654 egenrörelse-
objekt, vartill kommo 8 jämförelsestjärnor å varje plåtpar
för bestämmandet av plåtarnas relativa konstanter. Sam-
manlagt mättes sålunda 894 objekt.

Materialets bearbetning.

I afsikt att öfvertyga sig om att mätningarna icke varit behäftade med fel, eller, i fall sådana förekommit, genast få dem rättade genom kontrollerande mätningar, härledas strax efter mätningarnas utförande de rätvinkliga koordinaterna sådana de framgå ur mätningarna i hvarje läge af plåten taget för sig. Öfverensstämmelsen mellan resultaten ur båda lägena ger omedelbart den afsedda kontrollen. Jämnsides med dessa räkningar ske de af vissa tal, som komma till användning vid koordinaternas härledande ur mätningarna i båda lägena på en gång. Nämnda räkningar hafva af frök-narna N. H e l i n och S t e n b ä c k verkställts för 10 af de under året mätta plåtarna.

Dessa plåtar hafva samtliga sitt centrum vid antingen 45 eller 46 graders deklination och liggå mellan $20^h 20^m$ och $21^h 0^m$ i rectascension.

Såsom i föregående årsredogörelse omnämndes, återstod vid dess slut af arbetena på Band I af vår publikation endast införandet af de definitiva värdena på stjärnornas storleksklasser samt dessas och stjärnornas positioners antecknande i sedelkatalogen, såvidt detta gällde ännu återstående 14 plåtar tillhörande detta band. Detta arbete har under det nu tilländagångna året utförts af professor F u r u h j e l m för 12 af dessa plåtar: för de två sista för öfrigt under senaste sommar.

Under dessa arbeten med sedelkatalogen antecknas sådana afvikelser mellan de från olika plåtar härrörande värdena, hvilka öfverstiga hvad som kan anses bero på sannolika fel i mätningar och ännu återstående osäkerhet i bestämningen af plåtkonstanterna. Orsaken till felet undersökes, hvarvid, om det befinnes hafva berott på kalkylerna, dessa fullständigt genomås och rättas. Står felet icke att upptäcka inom dessa, verkställs ny mätning, hvarvid, om felet beror på förväxling af inställningsobjekt, den nya mätningen får tråda i stället för den gamla, men, om däremot blott en oriktig anteckning af hela eller tiondedels skruflvarf skett,

denna rättas, medan för öfrigt den gamla mätningens resultat bibehålles. Revisionen i fråga sker antingen genast eller, sedan tvifvelsmålen antecknats, vid senare läglighet.

Dessa undersökningar äro så godt som slutförda för hela Band I. Det kan då hafva intresse att något redogöra för, hvilka fel som vanligast förekomma. Främst bör då anmärkas att felen äro mycket få, inskränkande sig till ett eller två på hvar plåt, som dock i detta band innehåller i medeltal omkring 400 stjärnor. I mina anteckningar öfver observerade fel, hvilka hänföra sig till inemot halfva antalet plåtar inom Band I och således till närmare 25,000 stjärnpositioner, förekommo inalles 104 sådana fel.

Vid mätningarna kunna förekomma dels inställningar på ett orätt objekt, dels — vid otydliga bilder — pointerande af annan punkt än bildens centrum, dels slutligen antecknande af orätt skruvhvarf eller tiondedels hvarf. Till största delen observeras sådana fel vid härledandet af koordinatens värde på grund af mätningarna i hvartdera läget taget för sig och bristen på öfverensstämmelse mellan dessa båda värden. Dessa fel rättas på grund af snarast möjligt företagen ny mätning, hvarför de icke influera på de följande beräkningarna och därför ej heller ingå i här anförda statistik, som blott innehåller de efter denna första granskning återstående felen. En särskild grupp af fel utgöres af dem, som uppkommit genom förväxling af två närstående objekt. De mätande hafva ock skildt uppmärksamgjorts på denna fara. Talrik är denna grupp heller icke. Af de antecknade 104 felen tillhör 16 denna kategori.

De bland alla vanligast förkommande felen äro de som uppstått under beräkningen af de direkt ur mätningarna framgående värdena på de rätvinkliga koordinaterna. Dessa kontrolleras genom den dubbla beräkningen, dels ur mätningarna i hvartdera läget af plåten beräknade för sig, dels genom deras fastställande på grund af mätningarna i båda lägena rådfrågade samtidigt. Emellertid synes det såsom om uppmärksamheten därvid ofrivilligt främst komme att rikta sig på de senare decimalerna, medan det hela talet och den första decimalen lättare halka förbi vid kontrollen.

Detta har otvifvelaktigt sin orsak däri att det är de förstnämnda som utgöra föremål för räkning i egentlig mening, medan de senare blott afskrivas efter föreliggande tal. Har då ett af talen före »sammanslagningen till *en* ort» blifvit på ofvannämndt sätt orätt utskrifvet, blir det — särskildt om det är det första i räkningarna förekommande — jämförelsevis lätt afskrifvet vid sammanslagningen och införandet i manuskriptet, oaktadt de andra i räkningarna uppträdande motsvarande talen äro riktiga. Af de 104 fel, som af mig antecknats, bero 30 på annoterande på oriktig hel minut och 7 på att i en eller annan del af beräkningarna t. o. m. sammanslagningen orätt tiondedels minut antecknats, således sammanlagdt omkring 35 % af samtliga fel.

På de räkneoperationer, som följa efter sammanslagningen och således efter härledandet af de direkt ur mätningen härrörande värdena på de rätvinkliga koordinaterna, komma inalles 33 af de antecknade 104 felen. Af dessa falla 14 på $x_{\text{kor.}}$ och $y_{\text{kor.}}$ eller på X och Y , som kontrollerats mot de förstnämnda genom tillägget af Δx och Δy . Häraf hafva 7 orätt minut eller tiotal minuter, 4 äro orätta med 0'.1 och 2 med 0'.04. I *ett* fall hade icke observerats att kontrollen ej stämde beträffande de följande decimalerna.

Vid härledningen af $\alpha - \alpha_0$ har äfven endast i 1 fall en orätt uppslagen logaritm för X undgått kontrollen.

Vid utskrifvandet af $\delta - \delta_0$ samt vid härledandet af α och δ ur $\alpha - \alpha_0$ och $\delta - \delta_0$ hafva 18 fel antecknats. Af dem bero 6 på orätt utskrifven grad eller — och vanligen — minut, 1 är orätt på 0'.1 och 1 på 0'.4, i 4 fall har orätt sekund i rectascension utskrifvits och i lika många har förvandlingen af δ till bågsekunder, som alltid skildt kontrolleras, befunnits felaktig, i 1 fall hade $\alpha - \alpha_0$ anbragts med orätt tecken och i 1 omkastning af två siffror ägt rum.

Denna statistik, som såsom nämnts omfattar inemot 25,000 stjärnpositioner, visar sålunda angående de fel, som undsluppit någon af de successiva räknekontrollerna, men som upptäckts vid sammanställningen af sedelkatalogen och då korrigerats,

- 1) att totala antalet fel uppgår till 104 d. v. s. ungefär 1 på 250 positioner, motsvarande, då för ernående af en position erfordras i medeltal 360 siffror, 1 oriktig siffra på 90,000,
- 2) att den största kategorin af fel utgöres af sådana vid härledandet af koordinaternas direkt ur mätningen framgående värden,
- 3) att bland de vanligaste felen äro sådana på hela eller tiondedels minuter, hvilkas upptäckande vid jämförelser med andra observationer är lättare än af dem hos sekunder eller delar däraf.

Öfverhufvud visar denna statistik, huru nyttig den jämn-sides med materialets bearbetande för den nu pågående publikationen utförda sammanställningen af resultaten i sedelkatalogen varit för upptäckande och rättande af de, trots all den på kontroller i hvarje skede af beräkningarna nedlagda omsorgen, dock möjliga felen. Denna kommer därför ock att fortfarande bilda ett väsentligt led i vår arbetsplan.

Det är blott att beklaga att den genom sedelkatalogen gifna kontrollen icke sträcker sig till de stjärnor som förekomma endast på en plåt. Vi hafva därför känt oss böjda att, då tiden det medgifver, underkasta operationerna för finnandet af dessa stjärnors positioner — och äfven storleksklasser — en genomgående kontroll utöfver dem som ingå i den följda planen för beräkningarna. Denna borde då äfven omfatta mätningarna. Med afseende på att, enligt förestående erfarenhet, felen uppträda företrädesvis hos de stora siffrorna, kunde kontrollen ske ganska summariskt och behöfde endast sträcka sig till de två första decimalerna af bågminuten. Men äfven sålunda begränsad skulle den representera ett ganska omfattande arbete.

Jag antecknar att, enligt ofvan anförda öfverslagsberäkning, antalet siffror behöfliga för genomförandet af samtliga kalkyler, hänförande sig till bearbetningen af Helsingfors fotografiska zon, enligt deu af mig uppställda planen, kommer att stiga till i rundt tal 110,000,000.

Hvad beträffar stjärnornas storleksklasser göres anteckning, ifall skilnaden mellan de ur två plåtar framgående definitiva värdena uppgår till en half storleksklass eller mera. I den härigenom uppkomna förteckningen motsvaras hvarje sådan differens af två anteckningar, nämligen af stjärnans nummer å hvardera plåten. Förekommer stjärnan på ännu en tredje plåt och bekräftar dennas resultat det från den ena af de andra plåtarna, anses detta icke behöfva revision och strykes därför från förteckningen, medan den från dessa afvikande bestämningen därå bibehålles. Är det åter tvifvelaktigt, hvilketdera af de två första resultaten stödes af det tredje, få hvardera anteckningarna kvarstå. Skulle slutligen den nya bestämningen avvika från någon af de föregående med ett belopp uppnående det förut nämnda måttet, föranleder detta anteckning i förteckningen.

Före revisionen sammanställas sedermera numrorna på alla de stjärnor hvilka kvarstå i förteckningen. Det har visat sig att deras antal i allmänhet uppgår till mellan två och fyra procent af antalet stjärnor på plåten. Revisionen går därpå så till att invid numrorna antecknas dessa stjärnors direkt uppskattade storleksklasser enligt det förra evalverandet. Härpå jämföras dessa med andra stjärnor af närmelsevis samma storleksklasser och en ny uppskattning sker för de tvifvel underkastade stjärnorna. Denna nya uppskattning kommer härigenom att nära ansluta sig till den tidigare storleksskalan för samma plåt. Först härefter framtagas manuskriptet och sedelkatalogen och efterses huruvida genom de nya uppskattningarna en förbättring ernåtts, hvad som verkligen i regeln visat sig vara fallet, äfven då skilnaden mellan den nya och den tidigare uppskattningen blott uppgår till ett par tiondedels storleksklasser. Rättelse sker härpå såväl i mätningsschemat, hvilket innehåller de direkt uppskattade storleksklasserna, som ock i manuskriptet, hvori upptagas såväl en afskrift af dessa som ock de definitiva storleksklasserna, och slutligen i sedelkatalogen. Sådana revisioner hafva af mig verkställts för sammanlagdt 56 af de 126 plåtarna i Band I.

Såsom bekant äro banden II, III och IV redan publicerade. Då nu manuskriptet till Band I är färdigt och i det allra närmaste slutligt revideradt, hafva arbetena för det mesta kunnat koncentreras på bearbetningen af materialet för Band V.

För alla de inom detta bands område liggande plåtarna voro redan värdena på de rätvinkliga koordinaterna, sådana de framgå direkt ur mätningarna, fästställda och införda i manuskriptet. Likaså voro nätets delningsfel däri antecknade.

Än vidare hade beräkningen af plåtkonstanterna utförts för alla plåtar af Band V och af dem inom de närmaste områdena af Banden IV och VI.

Före konstantberäkningen hade orterna ur Bonnkatalogen korrigerats till de af M ö n n i g m e y e r i hans revision af denna katalog angifna värdena. Band V likasom ock Band I kommer sålunda att basera sig på den af M ö n n i g m e y e r förbättrade Bonnkatalogen. Denna var icke utkommen, då bearbetningen af de till Band IV hörande plåtarna i tiden företogs. I och för förbättrandet af dessa plåtars konstanter hade de successivt anslutits till närliggande plåtar tillhörandet området för Band V, för hvilka därför konstanterna äfven måst beräknas. För bearbetningen af plåtarna i Band V, därvid ju M ö n n i g m e y e r s korrekationer skulle beaktas, måste därför konstantberäkningen korrigeras för dessas inverkan, och detta såväl för de nyssnämnda plåtarna hörande till början af Band V som ock för de plåtar mot slutet af Band IV som anslutits till dessa mer eller mindre direkt. Dessa förbättringar hafva gjorts af doktor I v e r s e n, till större delen senaste år, delvis under detta. Därvid hafva ock de af professor F u r u h j e l m bestämda egenrörelserna för stjärnor inom Band IV beaktats.

Dessa förbättringar af plåtkonstanterna utöfva ock inflytande på anslutningarna emellan ifrågavarande plåtar. Närmast beröras däraf orterna för de fiktiva stjärnor, i hvilka anslutningsresultaten sammanfattas, och skilnaderna mellan dessa för samma fiktiva stjärna på de två anslutna plåtarna.

De af konstantförbättringarna härrörande korrektionerna till dessa hafva kalkylerats af doktor I v e r s e n och hafva af mig införts i villkorsekvationerna till härledande af de ur anslutningarna framkommande förbättringarna af plåtkonstanterna.

Större delen af de anslutningar af plåtar till hvarandra, hvilka erfordras för bearbetningen af det till Band V hörande materialet, hade redan senaste år utförts. För återstoden har doktor I v e r s e n utvalt de stjärnor hvilka borde jämföras med hvarandra. Med biträde af fröknarna S o h l s t r ö m och N. H e l i n på sätt i senaste redogörelse närmare utlagts, hafva därpå magistern fröken G. H e l i n och h e r r Ö l a n d e r verkställt de beräkningar som erfordras för jämförelse af stjärnorterna och härledt de differenser som motsvara de fiktiva stjärnorna. Detta har skett för sammanlagdt 33 plåtar. Anslutningsräkningarna hafva därpå kontrollerats af doktor I v e r s e n på samma sätt som tidigare.

De härpå grundade villkorsekvationerna till härledande af förbättringarna af plåtkonstanterna hafva därefter uppställts af mig; detta år för de 70 plåtar, för hvilka denna operation återstod i och för erhållandet af sagda förbättringar för alla plåtar inom Band V. Ekvationerna hafva därpå lösts af doktor I v e r s e n, för några få plåtar af mig.

Härvid hafva ock beräknats de återstående felen och dessa införts i ett grafiskt schema, som är så anordnad att de fel, som för två plåtar motsvara dessas ömseidiga anslutning, komma att stå emot hvarandra. Dessa kunna då lätt kombineras. Deras halfva skilnad ger åter den konstanta termen i motsvarande villkorsekvation inom den andra approximationen vid konstantförbättringen. Villkorsekvationerna i denna tillnärmelse hafva af mig uppställts för 105 plåtar. På samma sätt ha efter dessas upplösning motsvarande ekvationer bildats för tredje och sedermera för fjärde approximationen, af mig detta år i den förra för 111, i den senare för 100 plåtar. Genom jämförelse mellan de villkorsekvationer som motsvara samma anslutning har kontroll

öfver ekvationernas riktiga bildande ernåtts. Vikten af dennakontroll har föranledt uppställandet af villkorsekvationerna för den fjärde approximationen äfven i de fall, då denna icke behöft lösas, i det att den tredje tillnärmelsen redan gifvit de sökta konstantförbättringarna. Villkorsekvationerna i de olika approximationerna hafva sedermera upplösts af doktor *I v e r s e n*, i sammanlagdt 39 fall af mig. Arbetet är härmed slutfördt för alla plåtar af Band V, äfvensom för de närmast följande af Band VI.

Jag har därpå sammanställt resultaten af dessa beräkningar och sålunda fastställt de ur dem framkommande förbättringarna till de på grund af de å plåten belägna komparationsstjärnornas orter härledda konstanterna för plåten. Härigenom framgå formler för beräkande af de korrektioner, Δx och Δy , hvilka böra tillfogas de för sistnämnda konstanter förbättrade värdena på x och y för att erhålla de definitivt korrigerade X och Y , äfvensom genom sammanslagning af de först beräknade konstanterna med deras förbättringar formler till direkt kalkylerande af X och Y . De sistnämnda, hvilka sedan införas i manuskriptet, hafva sålunda erhållits genom två, hvarandra kontrollerande räkningar. Sagda formler till beräkande af X och Y samt af Δx och Δy har jag utskrifvit för inalles 131 plåtar, bland hvilka ingå samtliga till Band V hörande.

Dessa formler har jag infört i räkneschemata och hafva beräkningarna af X , Y , Δx och Δy sedermera utförts af de i arbetet deltagande damerna. Dessa vidlyftiga kalkyler hafva verkställts af fröknarna *N. H e l i n*, *S o h l s t r ö m*, *S t e n b ä c k* och *G. H e l i n* för sammanlagdt 120 plåtar d. v. s. största delen af plåtarna i Band V. För dessa kalkyler hafva delningsfelen, där sådant icke tidigare skett, på grund af bestämningarna af originalnätets streck, införts af fröknarna *S o h l s t r ö m* och *S t e n b ä c k*.

Den härpå följande operationen består i härledandet af $\delta - \delta_0$ och af $t g (\alpha - \alpha_0)$, där α och δ beteckna en stjärnas, α_0 och δ_0 plåtcentrums rectascension och deklination. Därvid blir $\alpha - \alpha_0$ uttryckt i tidssekunder. Kalkylen af dessa diffe-

reuser har utgjort hufvudarbetet för magister G. H e l i n. Ett antal plåtar har räknats af herr Ö l a n d e r och någon enda af magister R e n h o l m. Sammanlagdt hafva de under året utförts för 91 plåtar, således för ungefär tre fjärdedelar af Band V.

Dessa beräkningar kontrolleras genom att ur de funna rectascensions- och deklinationsdifferenserna återberäkna X och Y . Medan samtliga räkningar till finnande af $\alpha - \alpha_0$ och $\delta - \delta_0$ utföras med beaktande af den fjärde decimalen af bågminut och med 6-ställiga logaritmer, göres kontrollräkningen i fråga med 5-ställiga logaritmer och endast tre decimaler af bågminuten medtagas, dock med utsättande af huruvida den sista decimalen är stark eller knapp. Detta, emedan de vunna talen sedermera icke hafva någon användning och då vid rectascensionernas afrundande till tusendels tidssekunder och deklinationernas till hundraedels bågsekunder den fjärde decimalen af bågminuten icke fullt tages i anspråk. På detta sätt sparas icke ringa arbete, utan att kontrollen nämnvärdt minskas i värde.

Samma assistent, som utfört dessa kontrollräkningar, inför äfven i manuskriptet de värden på de sfäriska koordinaterna α_0 och δ , hvilka erhållas genom att till $\text{tg}(\alpha - \alpha_0)$ anbringa tangentkorrektionen samt till $\alpha - \alpha_0$ och $\delta - \delta_0$ värdena för α_0 och δ_0 äfvensom förvandla δ till bågsekunder. Detta arbete har under året för 77 plåtar utförts af herrar R e n h o l m, I v e r s e n, Ö l a n d e r och F r a n c k. Plåtarna tillhöra alla Band V.

Arbetena på Band V befinna sig sålunda i ett långt framskridet stadium. Under deras fortgång har nu och då inträffat att lämplig, därtill sig hänförande sysselsättning icke funnits för en eller annan af de medverkande. För att utnyttja den så lediga tiden hafva andra arbeten företagits, hörande till de ännu obearbetade delarna af zonen. Andra sådana hafva öfverlämnats åt de nytillträdande assistenterna i afsikt att sätta dem in i de olika delarna af programmet. Sistnämnda arbeten hänföra sig i

allmänhet till Band VI, hvilket snart skall blifva föremål för regelbunden bearbetning. Här följer en redogörelse för dessa arbeten detta år.

Medeltalet af de värden på koordinaterna, som framgå ur beräkningen af mätningarna i plåtens två motsatta lägen tagna hvardera för sig, hafva under året härledts för 13 plåtar af fröknarna *S o h l s t r ö m*, *G. H e l i n* och *S t e n b ä c k*. Kalkylen åter af koordinaternas värden, sådana de erhållas ur mätningarna i båda lägena beräknade tillsammans, dessas jämförande med nyssnämnda medeltal, sådana må hafva skildt beräknats eller först nu samtidigt tagits, äfvensom resultatens inskrifvande i manuskriptet, således konstituerandet af de slutliga värdena på koordinaterna sådana dessa framgå direkt ur mätningarna eller hvad vi kallat »sammanslagning till *en* ort» har utförts af herrarna *R e n h o l m*, *F r a n c k*, *Ö l a n d e r* och *J ä r n e f e l t* för tillsammans 29 plåtar.

Den första beräkningen af plåtkonstanterna, den som grundar sig enbart på Bonn- eller de till Bonnsystemet uppreducerade Lund-orterna från Astronomische Gesellschafts zoner för de på plåten befintliga stjärnorna, har under året utförts af herrar *I v e r s e n* och *Ö l a n d e r* för sammanlagdt 12 plåtar. Sedan en sådan kalkyl fortskridit så långt att skillnaderna mellan de observerade och de ur komparationsstjärneorterna beräknade x och y faststälts, afbrytes densamma och en annan person än den som utfört denna räkning kalkylerar, utgående från nämnda skillnader samt från de observerade x och y , värdena af samtliga de använda komparationsstjärnornas rectascensioner och deklinationer, hvarigenom en fullständig kontroll på hela denna beräkning vinnes. Sådan kontroll har för de nämnda plåtarna verkstälts af herrar *Ö l a n d e r*, *I v e r s e n* och *R e n h o l m* samt fröken *G. H e l i n*. Sedan vilkorsekvationerna så kontrollerats, fortsätts konstantberäkningen, som är så anordnad, att den kontrollerar sig själf. Slutligen beräknas de återstående felen, hvarigenom en ytterligare fullständig kontroll vinnes.

Slutligen hafva de värden på de rätvinkliga koordinaterna, hvilka erhållas genom att deras direkt ur mätningarna kalkylerade värden förbättras på grund af de ur å plåten belägna komparationstjärnor härledda plåtkonstanterna, beräknats af fröknarna *Stenbäck* och *N. Helin* för 11 plåtar, efter det att jag förut sammanställt formlerna för denna kalkyl.



Über einige brasilianische Aulacotrachelinen und Steninen (Col., Staph.).

Von

L. BENICK.

(Eingeführt auf Vorschlag der Herren K. M. Levander und A. Luther).

Aus dem Zoologischen Museum der Universität Helsingfors wurden mir durch Vermittelung von Herrn Dr. E. Bergroth und Herrn Custos R. Frey neben Palearkten auch einige brasilianische Staphyliniden, gesammelt von F. Sabberg, zur Determination eingesandt. Das Ergebnis der Untersuchungen sei im Folgenden mit synonymischen und sonstigen Bemerkungen, sowie mit Heranziehung von Material aus der eigenen Sammlung bekannt gegeben.

Die Gattung *Megalops* wurde 1840 von *Erichson* in den »Genera et Species» (p. 751) in die Wissenschaft eingeführt. Er hat ausser acht gelassen, dass *Lacépède* den Namen bereits 1803 für eine Fischgattung vergeben hatte. Ich sehe mich deshalb genötigt, für die Gattung einen neuen Namen vorzuschlagen:

Aulacotrachelus nom. nov.

(*αὐλαξ* = Furche, *τραχίλος* = Hals).

Da die Gattung die einzige in der Unterfamilie ist, so folgt daraus, dass auch die Namen für Subfamilie und Tribus zu ändern sind (*Aulacotrachelinae* bzw. *Aulacotrachelini*).

Aulacotrachelus pirimaculatus nov. spec.

Niger, nitidus, elytris macula magna piriformi flava, antennis, palpis, spinis capitis pedibusque flavo-testaceis, antennarum clava parum fuscata. Capite lato, elytris fere latiore, impressione laterali profunda, disco nonnullis punctis dispersis; thorace longitudine circiter latitudinis, ante medium latissimo, quatuor sulcis transversis, linea media glabra; elytris longitudine paulo latioribus, humeris prominentibus, antice ad suturam utrinque tubero, punctis in disco biserialiter dispositis; tarsis articulo quarto simplice. Long. 3.4—3.8 mm.

Brasilien, Minas Geraës (F. Sahlberg); S. Paolo, Minas Geraes, VI 1914 (Mrazek).

Schwarz, glänzend, die birnförmige gelbe Makel richtet die Spitze nach dem Nahtende, das dicke Ende nach der Seitenrandmitte, die Makelspitze lässt an Naht und Flügeldeckenspitze einen gleich schmalen Streif dunkel, der Seitenrand bleibt in der Mitte breiter schwarz. Fühler, Taster, Clypealdornen und Beine sind gelbrot, die Fühlerkeule ist ein wenig angedunkelt.

Der Kopf ist fast breiter als die Flügeldecken an der breitesten Stelle. Der Seiteneindruck der Stirn ist scharf und setzt sich vorn fast winkelig auf den Clypeus fort. In der Stirnmitte stehen zwei kleine Punkte nebeneinander, auf dem Scheitel zwei ebensolche, vorn und seitlich weitere kleine. Die Clypealdornen sind mässig lang, die Fühler sind kurz, das 3. Glied ist länger als das 2., die folgenden sind kurz, an der Keule ist das vorletzte Glied breiter als lang, das letzte lang kegelförmig zugespitzt, lang behaart. — Der Halsschild ist etwa so lang wie breit, vor der Mitte am breitesten und hier seitlich mit zwei spitzen Zähnen bewaffnet, Vorder- und Hinterrand sind ungefähr gleichlang, die vier Quersfurchen lassen die Mittelpartie der Länge nach frei. Die schwachen Vorder- und Hinterrandsfurchen lassen eine schmale Mittelpartie punktfrei, während die tiefkerbigen 2. und 3. Furche in der Mitte breiter unterbrochen sind. Vor der Hinterrandsfurchen steht jederseits ein Punkt. — Die

Flügeldecken sind etwas breiter als lang, mit stark vorspringenden Schultern versehen, seitlich dahinter etwas eingezogen und dann erweitert, zuletzt wieder verengt, hinten gemeinsam flach ausgerandet. Ausser dem Nahteindruck, der jederseits nach aussen von einer kräftigen Aufbeulung flankiert wird, befindet sich hinter der Schulter ein Flacheindruck. Nach innen von der Schulter stehen zwei grubige Punkte, auf der Deckenscheibe sind zwei kurze Punktreihen mit geringer Punktzahl vorhanden. Flügel sind gut ausgebildet. — Das Abdomen ist breit gerandet, glänzend glatt; am Hinterrand des 5. Segments befindet sich ein weisser Saum. — Die Beine sind ziemlich schlank, das 1. Tarsenglied ist so lang wie das letzte, alle sind einfach [*Aulacotrachelus* s. str.]. — Geschlechtsunterschiede sind nicht feststellbar.

Von der neuen Art sind 2 Stücke vorhanden: eins gehört dem Zoolog. Mus. in Helsingfors, ein zweites erhielt ich vor einigen Jahren von Herrn Prof. R a m b o u s e k in Prag.

Stenus elongatus Er.

Nach E r i c h s o n (Gen. et Spec. Staph., p. 741) ist die männliche Auszeichnung auf das 6. und 5. Ventralsegment beschränkt. Die gesehene Type, die sonst vorzüglich mit der Beschreibung übereinstimmt, weicht in dieser Beziehung jedoch beträchtlich ab, wie auch die zwei von F. S a h l b e r g gesammelten Tiere. Danach ist das 6. Ventralsegment schmal und tief ausgeschnitten, das 5. flach ausgebuchtet E r i c h s o n: »apice late profundius sinuato«], davor der ganzen Länge nach eingedrückt und wenig dicht behaart, das 4. flach ausgebuchtet und davor oval tief eingedrückt; im Eindruck, der nicht ganz bis vorn reicht, stehen dicht graufilzige Haare. Auch das 3. Segment ist eingedrückt und graufilzig, am Hinterrand jedoch nicht ausgerandet.

Stenus elongatiformis nov. spec.

St. elongato Er. similis.

Angustatus, niger, vix coeruleo-nitidus, antennis, palpis pedibusque flavis. Capite latissimo, elytris latiore, fronte

late leviterque depressa, linea media glabra; thorace latitudine multo longiore, fere cylindrico, moderate fortiter et crebre punctato, linea media glabra, elytris thoracis longitudine, fortiter et parce punctatis, basi suturae subtilius punctatis et albido-pubescentibus; abdomine angusto, immarginato, subtilissime et parce punctato; tarsis brevibus, articulo quarto bilobo.

Mas: abdomine segmento ventrali sexto sat late et moderate profunde exciso.

Long. 4 mm. — Rio Janeiro (F. Sahlberg).

Schwarz, mit kaum erkennbarem bläulichem Schimmer auf dem Vorderkörper, Fühler, Taster und Beine sind hellgelb. Die Behaarung ist schwach, nur vor den Fühlern bartartig und an der Deckenbasis deutlich, vielleicht an der Basis der Dorsalsegmente abgerieben.

Der Kopf ist sehr breit, breiter als die Flügeldecken, flach eingedrückt und längs der Mitte geglättet, jedoch kaum erhöht, die Fühlerhöcker sind kurz aber deutlich, sonst ist der Kopf flach und mässig grob, ziemlich dicht punktiert, fein behaart. Die Fühler sind schlank: II: 1, III: 2, IV: $1\frac{3}{4}$, V: $1\frac{3}{5}$, VI: $1\frac{1}{3}$, VII: $1\frac{2}{5}$, Keulenglieder gleich lang, alle länger als breit. — Der Halsschild ist etwa $1\frac{1}{2}$ mal so lang als breit, seitlich sehr schwach erweitert, auf der Mittellinie mit vorn und hinten abgekürzter Glättung, sonst mässig grob und dicht, tief punktiert (etwas feiner als bei *elongatus* Er.). — Die Flügeldecken sind von Halsschildlänge; seitlich sehr flach gerundet, fast parallel, gewölbt, mit deutlichen Schultern, grob und etwas zerstreut punktiert, an der Nahtbasis verflacht und hier feiner punktiert. — Der Hinterleib ist schlank und ungerandet, an der Basis der Vordersegmente eingeschnürt, überall nur fein und wenig dicht punktiert, die beiden letzten Segmente fast undeutlich und sehr zerstreut. — Die Beine sind schlank, die Tarsen kurz, das 1. Glied ist so lang wie die folgenden zusammen, das 4. breit zweilappig [*Hypostenus* Rey]. — Die Oberseite ist glänzend glatt, nur das 5. und 6. Dorsalsegment dicht und fein chagriniert.

Beim ♂ ist das 6. Ventralsegment breit und mässig tief

ausgeschnitten, das 5. gegen den Hinterrand nur dichter punktiert und etwas länger fein behaart.

Das Tier ist auf den ersten Blick dem *St. elongatus* ähnlich, dürfte aber wegen der Behaarung der Flügeldeckenbasis in die Gruppe des *ariolus* Er. gehören und hier dem *magniceps* Bernh. am nächsten stehen. Von diesem ist er durch ebene Stirn und die Halsschildglättung leicht unterscheidbar.

Die Type befindet sich im Zoolog. Museum in Helsingfors.

Stenus spissicollis nov. spec.

Praecedenti affinis.

Angustatus, niger, vix coeruleo-nitidus, antennis, palpis pedibusque flavis. Capite moderate lato, fere elytrorum latitudine, fronte late leviter depressa, linea media glabra, fortiter, sat profunde crebreque punctata; thorace angusto, latitudine dimidio fere longiore, aequaliter crebre, fortiter profunde punctato; elytris thoracis longitudine, fortissime punctatis; abdomine angusto, immarginato, fortiter punctato, segmentis duobus apicalibus subtiliter parceque punctatis; tarsis articulo quarto bilobo.

Mas latet.

Long. 4.2 mm. — S. Paulo, Brasilien.

Schwarz, glänzend mit sehr schwachem bläulichem Schimmer über den ganzen Körper, Oberlippe vorne rötlich, Fühler, Taster und Beine gelb.

Der Kopf ist mässig breit, fast so breit wie die Flügeldecken, flach vertieft, ohne deutliche Furchen, aber mit kaum erhöhter Mittelglättung und kurzen Fühlerhöckern, sonst mässig grob, ziemlich tief und dicht punktiert. Die Fühler sind mässig schlank: II: 1, III: $1\frac{7}{8}$, IV: $1\frac{3}{4}$, V: $1\frac{1}{2}$, VI: $1\frac{1}{4}$, VII: 1, Keulenglieder kaum länger als breit. Die Taster sind sehr lang und schlank. — Der Halsschild ist fast um die Hälfte länger als breit, seitlich gleichmässig schwach konvex und oben flach gewölbt, sehr gleichförmig dicht, grob und tief punktiert. — Die Flügeldecken sind so lang wie der Halsschild, mit deutlichen Schultern versehen, seitlich in gleichmässigem Bogen flach gewölbt, an der Basis flach

eingedrückt, sehr grob und etwas weitläufiger als der Halsschild punktiert. — Das Abdomen ist schlank, ungerandet, an der Basis der Vordersegmente eingeschnürt und überall grob, etwas weitläufiger als der Kopf, die beiden letzten Segmente sehr fein und weitläufig punktiert und fast matt. — Die Beine sind schlank, die Schenkel vor der Spitze verdünnt, die Tarsen ziemlich kurz, erstes Glied am längsten, das 4. zweilappig [*Hypostenus* Reyl. — Das 5. und 6. Dorsalsegment sind fein und ziemlich weitmaschig genetzt, die übrige Oberseite ist glänzend glatt.

St. spissicollis unterscheidet sich von *elongatus* Er. durch kürzeren Halsschild und kürzere Flügeldecken, schmälere Kopf und gröbere und dichtere Punktur des Abdomens, von *elongatiformis* m. durch schmälere Kopf, gleichmässige Punktierung des Halsschildes und gröbere Skulptur der ganzen Oberseite.

Die Type, die ich von B a n g-H a a s erhielt, befindet sich in meiner Sammlung.



Über die Absorptionsspektren einiger Lösungen

von

HARALD LUNELUND.

(Gedruckt auf Vorschlag der Herren Hj. Tallqvist und A. F. Sundell).

1. Einleitung	S. 1.
2. Apparate und Versuchsanordnung	» 5.
3. Experimentaluntersuchungen	
Das Linienspektrum des Quecksilbers	» 9.
Absorptionsspektren	
a) Aurantia extra	» 10.
b) Brilliant Safranin	» 12.
c) Echtrot extra	» 15.
d) Eosin gelblich	» 17.
e) Erythrosin	» 18.
f) Indigocarminblau	» 20.
g) Krystall Ponceau	» 21.
h) Naphtolgelb	» 23.
i) Rose Bengale	» 24.
j) Tartrazin	» 25.
4. Zusammenfassung	» 26.

In zwei in den Jahren 1917 bzw. 1918 veröffentlichten Abhandlungen ¹⁾ habe ich die Lichtabsorption folgender zehn Substanzen in Wasserlösungen untersucht: *Aurantia extra*

¹⁾ Harald Lunelund, Bidrag till kännedom av lösningars ljusabsorption I. Öfvers. af Finska Vet.-Soc. Förh. Bd. LIX. 1916—1917. Afd. A. N:o 21.

Harald Lunelund, Bidrag till kännedom av lösningars ljusabsorption II. Ibid. LX. 1917—1918. Afd. A. N:o 12.

mit der Marke *M. P.*, *Brilliant Safranin G M. P.*, *Echtrot extra M. P.*, *Eosin gelbl. M. P.*, *Erythrosin B M. P.*, *Indigo-carminblau B C M. P.*, *Krystall Ponceau, 6 R M. P.*, *Naphthol-gelb L M. P.*, *Rose Bengale M. P.* und *Tartrazin M. P.* Die Messungen, welche ausschliesslich den sichtbaren Teil des Spektrums umfassten, wurden hauptsächlich mit einem *Spektralphotometer K ö n i g-M a r t e n s*cher Konstruktion ausgeführt, doch kamen auch ein *geradsichtiges Spektroskop* und ein *Gitterspektrograph* zur Verwendung. Der Spektralphotometer ermöglichte die Prüfung der Giltigkeit des *B e e r s*chen Gesetzes für die genannten Lösungen und eine genaue Feststellung der Lage der Absorptionsbänder im sichtbaren Gebiete. Dagegen musste die von mir beabsichtigte Untersuchung der Absorption im ultravioletten Teil des Spektrums damals unterbleiben, weil ich zu dem Zwecke nur über ein Konkavgitter mit 183 cm Krümmungsradius verfügte, das wegen seiner allzu grossen Dispersion und seiner Lichtschwäche für die genannte Untersuchung wenig geeignet war. Seitdem hat aber das physikalische Laboratorium der Universität Helsingfors einen lichtstarken Quarzspektrographen erhalten, und darum habe ich in der vorliegenden Arbeit durch *Untersuchung der ultravioletten Absorptionsspektren* der genannten Substanzen meine früheren Messungen ergänzen wollen.

Da der Quarzspektrograph das ganze sichtbare und unsichtbare Spektrum bis etwa 2200 Å. auf die Platte gleichzeitig scharf abbildete, so habe ich ausser dem ultravioletten auch das sichtbare Absorptionsspektrum ausgemessen, teils um durch die Verwendung verschiedener Apparate, Spektralphotometer und Quarzspektrograph, die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen und einen Vergleich zwischen ihrer Leistungsfähigkeit zu gewinnen, endlich auch weil ich jetzt teilweise andere Konzentrationen als früher benutzte. — Mit dem Quarzspektrographen wurde photographiert und die Photogramme mit geeigneten Apparaten ausgemessen. Dagegen wurden okuläre Messungen mit zwei Spektroskopen und einem *V i e r o r d t*schen Spektralphotometer ausgeführt.

Die Absorptionsspektren bestehen, ausser bei gewissen Gasen und Lösungen seltener Erden, im allgemeinen aus diffusen Bändern, die keine scharfen Konturen zeigen und für genaue Messungen schlecht geeignet sind. Am besten verwendet man bei derartigen Untersuchungen spektral-photometrische Methoden. In den oben zitierten Abhandlungen habe ich die Veränderlichkeit des s. g. Extinctionskoeffizienten mit der Wellenlänge graphisch angegeben. Da der Extinctionskoeffizient auch in dieser Arbeit benutzt wird, sei er hier definiert. Bezeichnet man die Intensität des einfallenden Lichtes mit J_0 , die des durchgehenden Lichtes mit J , die Schichtdicke mit d und den Extinctionskoeffizienten mit ϵ , so ist (nach B u n s e n und R o s c o e).

$$J = J_0 \cdot 10^{-\epsilon d}.$$

Für $J = \frac{1}{10} I_0$ ist $\epsilon d = 1$, d. h. ϵ bezeichnet den inversen Wert der Flüssigkeitsschicht, durch deren Absorption die Stärke des einfallenden Lichtes auf 1/10 herabgesetzt wird. Absolute Durchsichtigkeit wird durch $\epsilon = 0$ charakterisiert, totale Absorption durch $\epsilon = \infty$. In der graphischen Darstellung werden also die Absorptionsbanden durch Maxima, d. h. hohe Werte des Extinctionskoeffizienten veranschaulicht.

Weit schwieriger als das Durchphotometrieren des sichtbaren Teiles des Spektrums sind genaue quantitative Messungen im ultravioletten Gebiete. Einen beachtenswerten Versuch in letzterer Hinsicht machte schon im Jahre 1896 S i m o n vermittelt rotierender Sektore. Seine Methode ist später durch D e f r e g g e r verbessert worden. K r e u s l e r dagegen suchte die Lichtintensität durch die Stärke eines unter passenden Bedingungen entstehenden photoelektrischen Stromes zu messen, K r ü s s empfahl die Beobachtung des durch ultraviolette Beleuchtung hervorgerufenen Fluoreszenzlichtes und P f l ü g e r benutzte einen mit einem Galvanometer verbundenen lineären Thermostapel nach R u b e n s.

Einen nicht zu unterschätzenden Fortschritt in der Photometrie bedeutete die Erfindung des Mikrophotometers durch J. Hartmann und des selbstregistrierenden Photometers von P. P. Koch, mit welchen Apparaten man aus der Schwärzung der photographischen Platten die Intensität des schwärzenden Lichtes berechnen kann.

In Ermangelung eines Spektralphotometers für Ultraviolett kan man das Absorptionsspektrum vermittels eines Quarzspektrographen untersuchen und nach sinnreichen Methoden den Einfluss der Dicke und der Konzentration anschaulich darstellen. So kann man z. B. nach Gladstone¹⁾ vor den Spalt des Spektroskopes ein Hohlprisma setzen, das mit der zu untersuchenden Substanz gefällt ist und dessen brechende Kante senkrecht zum Spalt steht. Lässt man ein Bündel weissen Lichtes durch das Gefäss laufen, so wächst nach unten die Dicke der Flüssigkeitsschicht und somit auch die Absorption. Die auf solche Weise erhaltenen Spektren sind von unregelmässigen, durch die Absorption bedingten Streifen durchzogen, und es entstehen im allgemeinen sehr charakteristische Figuren.

Da Glas für Lichtstrahlen kleiner Wellenlänge undurchlässig ist, müssen die im Ultravioletten benutzten Absorptionsgefässe Quarzwände haben. Ein prismatisches Absorptionsgefäss stand mir nicht zur Verfügung. Ausserdem verfährt man heutzutage meistens anders als Gladstone. Nach der Methode Hartleys und seiner Schüler empfiehlt es sich als Abszissen die Wellenlängen (oder die Schwingungszahlen) und als Ordinaten die Konzentrationen oder ihre Logarithmen aufzutragen. Zeichnet man zuerst auf einen schmalen Streifen die Grenzen der Absorption z. B. bei der Konzentration I, darunter einen anderen schmalen Streifen mit der Konzentration 0.9, sodann 0.8 u. s. w. und verbindet die Grenzpunkte, so werden die entstehenden Figuren recht anschaulich.

Statt der Konzentration kann man auch die Schichtdicke verändern, und zwar wirkt Verdoppelung der letzteren hin-

¹⁾ Gladstone, Phil. Mag. (4) 14 S. 418 (1857).

sichtlich der Absorption dasselbe wie eine Verdoppelung der Konzentration. Denn nach dem L a m b e r t s c h e n Gesetz nimmt die Lichtintensität in geometrischer Progression ab, wenn die *Dicke* in arithmetischer Progression wächst, und ebenso wird nach dem B e e r s c h e n Gesetz die Lichtintensität in geom. Reihe geschwächt, wenn die *Konzentration* in arithm. Reihe wächst.

Von grosser Wichtigkeit bei der experimentellen Untersuchung der Absorption, besonders im Ultravioletten, ist die Wahl einer geeigneten *Lichtquelle*. Im Sichtbaren leistet die Nernstlampe guten Dienst, erlaubt aber kaum unterhalb von $\lambda = 3400 \text{ \AA. E.}$ Beobachtungen anzustellen.

Beim Photographieren im Ultravioletten kann man z. B. nach U r b a i n ¹⁾ »eine Anhäufung von Thoriumoxyd in der Zusammensetzung des Auerstrumpfes zum Leuchten bringen«. Auch kann man den positiven Krater des Kohlelichtbogens verwenden, doch wirkt das dabei auftretende Bogenspektrum recht störend. Bei breiten Absorptionsbändern kann man statt der Kohlenstäbe Metalle verwenden, die ein sehr Linienreiches Spektrum geben. Auch können die Kohlen mit Lösungen verschiedener Stoffe getränkt werden, so dass der Bogen eine so bedeutende Zahl dicht an einander liegender Linien giebt, dass das Spektrum fast kontinuierlich erscheint. Ich habe die letztgenannte Methode bei dieser Arbeit benutzt (S. 7).

2. Apparate und Versuchsanordnung.

Der hier benutzte neue *Quarzspektrograph* stammt aus den Werkstätten der Firma H a n s H e e l e in Berlin. Bei demselben sind Kollimator, Prisma und Kamera völlig fest und unverrückbar zu einander angebracht; auch die Stellung des Plattenträgers ist ein für alle Mal festgelegt, so dass zur Benutzung des Instrumentes keinerlei Einstellungen, abgesehen von der Lichtquelle erforderlich sind. Der Apparat

¹⁾ G. Urbain, Einführung in die Spektrochemie, S. 179 (1913).

giebt ein Spektrum von etwa 10 cm Länge vom äussersten Sichtbaren bis etwa 2200 Å. Die Plattengrösse beträgt 9×12 cm. Der Plattenträger ist so eingerichtet, dass beliebig viele Aufnahmen unter einander gemacht werden können, die an dem Plattenträger befindliche Teilung gestattet beliebig gleiche Abstände zu wählen. Je nach der Anzahl der auf ein und derselben Platte aufzunehmenden Spektren muss natürlich die Spalthöhe verändert werden, wozu der Spalt mit Höhenverstellung ausgestattet ist.

Kameralinse sowie Kollimatorlinse besitzen c:a 40 cm Brennweite. Beide sind unachromatisch. Das Prisma ist ein aus rechts- und linksdrehendem Quarz zusammengesetztes *Cornuprisma* von c:a 60° brechendem Winkel.

Der Kollimator hat Triebbewegung für die Fokussierung und besitzt ausserdem Teilung auf dem Auszug. Der Spalt ist symmetrisch verstellbar mittels Mikrometerschraube, hat geteilte Trommel zur Einstellung der Spaltweite und ausserdem Vorrichtung zur Veränderung der Spalthöhe.

Das gesammte Spektrum wird auf einmal völlig scharf aufgenommen. Auch kann eine genau gearbeitete Skala mitphotographiert werden. Bezüglich der Dispersion siehe S. 10.

Der *Aussmessapparat* war für obige Plattengrösse eingerichtet, er wurde ebenfalls von H e e l e geliefert. Die genau gearbeitete Mikrometerschraube gestattete eine Verschiebung von 13 cm. Die Höhe des Schraubenganges betrug 0.5 mm, die Trommel war in 500 gleiche Teile geteilt und gestattete somit direkte Ablesung von 0.001 mm. — Ausserdem wurde auch ein von der Firma L e i t z stammendes Ausmessmikroskop benutzt.

Der *Spektralphotometer*, der verhältnismässig wenig verwendet wurde, war nach V i e r o r d t s Modell von der Firma K r ü s s in Hamburg gebaut. Er besass einen symmetrischen Doppelspalt. Das Absorptionsgefäss war mit einem S c h u l t z s c h e n Körper versehen.

Das *Spektroskop* (à vision directe) stammte von H e e l e. Die gelbe Natrium-Linie wurde durch dasselbe deutlich aufgelöst.

Bei meinen oben zitierten Untersuchungen über die Absorption im Sichtbaren benutzte ich u. a. ein *Absorptionsgefäß* mit veränderlicher Dicke, das sich sehr zweckmässig zeigte. Wegen Mangels an Quarzplatten stand mir ein derartiges veränderliches Quarzgefäß für die Messungen im Ultravioletten nicht zur Verflügung, aber statt dessen hatte ich drei von Grave in Stockholm gelieferte cylindrische Röhren, die mit Quarzscheiben geschlossen werden konnten. Die Längen der Gefässe waren bzw. 80, 40 und 20 mm, der Durchmesser 33.5 mm. Bei den Untersuchungen im sichtbaren Spektrum wurde zuweilen ein Absorptionsgefäß aus Glas mit 9.2 mm Dicke verwendet.

An *Platten* benutzte ich hauptsächlich *Special sensitive* und *Special sensitive Orto* von *Imperial Dry Plate Co.*, London, zum Entwickeln Rodinal und zum Fixieren ein saures Fixiersalz.

Die *Temperatur* im Versuchszimmer betrug 17° — 19° C.

Als *Lichtquellen* verwendete ich im sichtbaren Gebiete eine *Nernstlampe* von etwa 800 H. K. (220 Volt), die sich in einer Entfernung von 80 cm vom Kollimatorschlitz befand. Es wurde kein Kondensator benutzt. — Daneben gebrauchte ich den zwischen Kohlenstäben entstehenden *Lichtbogen*, wobei die Kohlen folgendermassen präpariert wurden: Zuerst wurden sie mit einer gesättigten Lösung von Urannitrat getränkt und die Lösung bis zum Kochen erhitzt, darauf die Kohlen zur Rotglut gebracht. Das Verfahren wurde dreimal wiederholt. Darauf wurde mit denselben Kohlen in einer gesättigten Lösung von Ammonium-Molybdat dreimal ähnlich verfahren. Der zwischen den Kohlen (*Jones-Elektroden*) entstehende Lichtbogen gab ein glänzendes Licht, das die ungeschützten Augen stark angriff, und dessen Spektrum so reich an Linien war, das es einen fast kontinuierlichen Eindruck machte. Die Linien reichten bis etwa 2200 Å. — Im sichtbaren Gebiete zeigte sich die Nernstlampe dem Bogen an Lichtstärke etwas überlegen — die Expositionszeiten waren kürzer, — aber im ultravioletten Teile des Spektrums, von etwa 3000 Å. an war der Lichtbogen zwischen den *Jones-Elektroden* allein leistungsfähig. — Anfänglich

gebrauchte ich pos. Kohlen von 11.5 cm und neg. von 10 cm Dicke, ging aber später zu stärkeren über.

Die Expositionszeiten betragen bei einer Spaltweite von 0.01—0.15 mm 0.5—10 Min.

Um die *Leistungsfähigkeit des Quarzspektrographen* zu prüfen wurde das Linienspektrum der Quarz-Quecksilberlampe photographiert und ausgemessen. Da ich das Quecksilberspektrum vorher mit einem Rowlandschen Konkavgitter von 183 cm Krümmungsradius untersucht hatte, bot sich auf diese Weise eine gute Gelegenheit zum Vergleich zwischen dem Quarz- und dem Gitterspektrographen dar. Das Ergebnis findet sich auf S. 10.

Bei den Untersuchungen der Absorption wurde so verfahren, dass zuerst eine Lösung von etwa 1 g Substanz per 1 cdm dest. Wasser bereitet wurde, die sich im allgemeinen als zu stark konzentriert erwies, und dann nach Bedarf im Verhältnis 1/5 oder 1/10, 1/100 u. s. w. verdünnt wurde. Zuweilen benutzte ich bei jeder Konzentration alle 3 (4) Absorptionsgefäße, zuweilen nur die 40 und 20 mm dicken. Meistens wurden die absorbierenden Lösungen sowohl mit der Nernst-Lampe als mit dem Lichtbogen untersucht um die Lage der Absorptionsbanden mit grösserer Genauigkeit festzustellen. Es wurden auch mehrere Expositionszeiten bei den verschiedenen Lichtquellen, Konzentrationen und Absorptionsgefässen benutzt. Die Skala wurde mit photographiert und zur Kontrolle, dass sie sich während der Aufnahmen nicht verschoben hatte, ausserdem das Helium-Spektrum einer Geissleröhre aufgenommen.— Brilliant Safranin wurde auch bei Zusatz von konz. Schwefelsäure untersucht, weil dabei bekanntlich interessante Farbenveränderungen eintreten, dagegen löste ich die anderen Farbstoffe nur in aqua destillata. — Die Totalsumme der Aufnahmen betrug über 500.

Sämmtliche Präparate waren durch die photographische Abteilung der Actien-Gesellschaft für Anilinfabrication in Berlin bezogen.

3. Experimentaluntersuchungen.

Das Linienspektrum des Quecksilbers.

Die Quarz-Quecksilberlampe, die von der Firma H e r a e u s in Hanau a. M. stammte, brannte mit etwa 5 Amp. bei einer Polspannung, die anfänglich 30 Volt betrug, aber bald nach der Zündung etwas sank. — Die Spaltweite betrug bei den Aufnahmen 0.01—0.10 mm, die Fokuseinstellung 22—23, die Belichtungszeit 0.5—10 Min. Da ich keine speziell rotempfindlichen Platten erhalten konnte, fängt das Verzeichnis der Linien mit $\lambda = 5790 \text{ \AA.}$ an.

Weil das Hg-Spektrum neben dem He-Spektrum, das allerdings nur im sichtbaren Gebiete in Frage kam, bei meinen Untersuchungen als Normalspektrum benutzt wurde um die Lage der Absorptionsbänder festzustellen und um es auch bei künftigen Absorptionsmessungen verwenden zu können, gebe ich im folgenden sämtliche von mir gefundenen Linien wieder, zumal man dadurch einen guten Begriff von der Leistungsfähigkeit des Quarzspektrographen erhält. Die neben den Wellenlängenangaben stehenden Zahlen geben die Intensität an, wobei die stärksten Linien mit 10 bezeichnet sind. Die Wellenlängen sind in Ångström-Einheiten gegeben.

5790.9	10	4960.6	2	4046.7	9	3663.3	9	3367.0	1
5760.8	10	4916.4	4	4040.7	1	3654.9	9	3351.5	1
5676.5	2	4896.6	1	3984.1	8	3650.3	9	3341.7	8
5670.4	2	4826.0	1	3906.6	7	3645.5	2	3332.9	1
5555.8	1	4470.1	1	3902.1	4	3616.0	1	3144.4	2
5549.1	1	4378.6	3	3860.9	2	3607.4	1	3135.9	2
5460.9	10	4358.5	10	3820.6	3	3593.1	2	3131.9	10
5385.9	1	4347.7	7	3801.7	3	3561.7	3	3125.8	10
5365.4	2	4343.8	2	3790.1	3	3543.7	5	3115.3	3
5166.0	1	4339.4	5	3770.7	1	3525.2	1	3106.8	1
5121.1	2	4108.2	2	3751.7	2	3503.2	1	3095.8	1
5047.0	1	4077.9	7	3703.8	7	3478.9	1	3085.4	1
5026.0	1	4057.9	9	3682.1	4	3390.4	3	3050.0	1

3037.6	4	2820.0	2	2653.8	6	2557.0	1	2399.4	3
3027.6	4	2807.0	2	2652.2	7	2540.4	2	2380.0	2
3025.7	3	2804.5	5	2648.6	1	2536.7	7	2378.4	4
3023.6	5	2803.6	8	2642.7	1	2534.9	6	2352.6	3
3021.6	7	2799.8	3	2640.0	4	2483.9	3	2345.4	2
3011.9	1	2759.8	6	2625.3	2	2482.9	3	2340.6	2
3007.2	1	2752.9	8	2603.2	3	2482.1	4	2323.2	2
2971.4	1	2700.8	4	2593.4	1	2478.7	1	2315.1	1
2967.5	10	2699.5	6	2578.5	1	2464.2	3	2301.9	3
2925.6	5	2697.5	2	2576.4	5	2447.0	3	2289.4	1
2893.8	7	2675.1	3	2571.8	1	2400.6	1	2283.8	1
2857.1	2	2655.3	6	2563.3	1	2399.8	2		

Die Zahl der mit dem Quarzspektrographen gefundenen Quecksilberlinien betrug 124 gegen etwa 200 beim Gitter. Die Überlegenheit des letzteren trat selbstverständlich mehr im sichtbaren als im ultravioletten Gebiete hervor, da mit abnehmender Wellenlänge die Dispersion des Prismas wächst. Während beim Gitter 9 Å. E. auf 1 mm fielen, betragen die entsprechenden Zahlen beim Quarzspektrographen 124 Å. bei $\lambda = 5780,87$ bei 4938,51 bei 4043 und 26 bei 2947 Å. Für die Wellenlängen 5000, 4000 und 3000 Å. ergeben sich aus dem vorigen die Werte 89,50 und 26 Å. — An Lichtstärke war der Quarzspektrograph dem Gitter bedeutend überlegen, was sich besonders bei den Aufnahmen der Absorptionsspektren zeigte.

Absorptionsspektren.

Im folgenden sind die Wellenlängen in $\mu\mu$ angegeben.

a) *Aurantia extra M. P.*

Aurantia ist ein Ammoniumsalz des Hexanitrodiphenylamins. Das mir zur Verfügung stehende Präparat, *Aurantia extra* mit der Marke M. P., das aus kleinen rotbraunen

Stücken bestand, ist wie ich schon früher bemerkt habe in Wasser verhältnismässig schwerlöslich. Die stärkste Konzentration die bei gewöhnlicher Zimmertemperatur bereitet werden konnte, enthielt 0.965 g auf 1 cdm dest. Wassers. Die Lösung sei mit N:o 1 und deren Konz. mit 1 bezeichnet. Ausserdem wurden noch vier andere Lösungen N:o 2, 3, 4 und 5 mit den Konzentrationen 1/10, 1/20, 1/40 und 1/100 bereitet. Die Farbe war bei N:o 1 rot, wurde aber mit zunehmender Verdünnung immer heller, N:o 3 war orangegelb.

Ogleich ich Lösungen von der Stärke der N:o 2 und 5 mit dem K ö n i g-M a r t e n s s c h e n Spektralphotometer untersuchte, gelang es mir wegen mangelnder Lichtstärke des Apparates nicht das Absorptionsmaximum zu finden; dasselbe wurde dann mit dem Gitter zu 424 $\mu\mu$ bestimmt. — Mit dem Quarzspektrographen erhielt ich jetzt bei einer Schichtdicke von 20 mm folgende Werte:

Lösung N:o 1	Absorption	von	593 $\mu\mu$	an.
»	»	2	Absorptionsband	554—327 Abs. von 285 an.
»	»	3	»	497—369 » » 270 »
»	»	4	»	453—389 » » 257 »

Letztere Grenze war einigermaßen undeutlich.

Lösung N:o 5. Durchgehendes Licht, im ganzen Spektrum, gegen das violette Ende etwas geschwächt. — Die hier untersuchten Lösungen geben also nur ein ziemlich breites Absorptionsband, dessen Max. bei 425 liegt (Vgl. Fig. 1). Genau denselben Wert findet B u s s ¹⁾.

In dem beistehenden Diagramm giebt die Abszisse die Wellenlängen in $\mu\mu$ und die Ordinaten die Konzentrationen, wobei die Konz. der ersten Lösung mit 1 bezeichnet ist. Die Fig. zeigt dass das anfänglich breite Absorptionsband

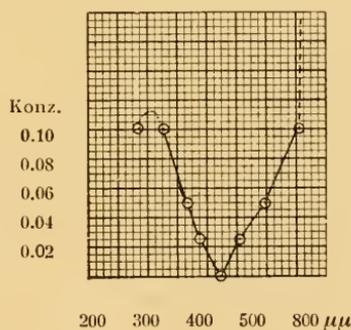


Fig. 1.
Aurantia extra.

¹⁾ O. B u s s, Inaug.-Diss. Bern 1896.

sich in zwei Teile teilt, der rechts befindliche wird allmählich schmaler und endet im Max. 425, der also hier als ein Min. des Lichtes dargestellt ist. In meinen oben angeführten Abhandlungen, wo die Extinctionskoeffizienten angeführt waren, treten wie schon hervorgehoben wurde in den Diagrammen die Absorptionsmaxima als Max. von ϵ auf. —

Wie ich schon gezeigt habe, gilt innerhalb der hier benutzten Grenzen der Konzentration das B e e r s c h e Gesetz.

b) *Brilliant Safranin G M. P.*

Das von mir untersuchte Präparat Brilliant Safranin G M. P. ist ein schwarzrotes Pulver, dessen Wasserlösungen rot gefärbt sind. Sogar sehr schwache Lösungen zeigen kräftige Absorption. Hervorragendes Interesse bietet das Verhalten des Safranins bei Zusatz von Schwefelsäure, indem die Farbe successive rotviolett, blauviolett, blau, blaugrün und endlich in sehr saurer Lösung smaragdgrün wird. Den verschiedenen Farbennüancen entsprechen verschiedene Absorptionsspektren.

Ich habe früher gezeigt, dass das B e e r s c h e Gesetz für Lösungen gilt, die bezw. 0.2096; 0.0052 und 0.001 g Brilliant Safranin auf 1 cdm Wasser enthalten und dabei auch die Lagen der Maxima der schwefelsauren Lösungen im sichtbaren Teile des Spektrums bestimmt. Jetzt untersuchte ich die Absorption von vier Lösungen mit den Konzentrationen 1 g; 0.2; 0.1 und 0.01 g auf 1 cdm Wasser in zwei verschiedenen Schichtdicken, daneben aber eine Serie schwefelsaurer Lösungen, jede in drei Schichten. Es sei nun zuerst die Lage der Banden der Wasserlösungen angegeben.

Lösung N:o 1.	20 mm Schicht.	Band 627—380,	Abs. von 355
»	» 2. 40	»	» 600—425, » » 314
»	» 2. 20	»	» 589—439, » » 312
»	» 3. 40	»	» 589—438, » » 312

Die Lösung N:o 3 hat nur die halbe Stärke der vorigen, aber die doppelte Schichtdicke. Nach dem B e e r s c h e n Gesetz

müssen die Grenzen identisch sein, was innerhalb der Grenze der Versuchsfehler auch der Fall ist.

N:o 3. 20 mm Schicht. Band 584—445, Abs. von 307

» 4. 40 » » » 548—479.5; 286—263 (undeutlich)

» 4. 20 » » » 544—483.5; 281—269 »

Die Maxima liegen bei 519 und etwa 275. Vgl. Fig. 2.

Da unter dem Namen Safranin viele Farbstoffe im Handel sind, weichen die Angaben der Forscher über die Absorption bedeutend von einander ab.

Schwefelsaure Lösungen. Es wurden Lösungen untersucht, die durch Versetzen der Safraninlösung n:r 3 mit konz. Schwefelsäure (sp. Gew. 1.84) erhalten wurden.

Die schwefelsauren Lösungen seien mit den Nummern 5, 6, 7 und 8 bezeichnet. N:o 5 wurde bereitet durch Versetzen von 90 ccm der Safraninlösung n:r 3 mit 10 ccm konz. Schwefelsäure. Farbe rot-violett. Die Grenzen der Absorption waren folgende:

N:r 5. 80 mm Schicht. Band 675—440; 419—351; Abs. von 317.

N:r 5. 40 mm Schicht. Band 655—456; 408—370; Abs. von 313.

N:r 5. 20 mm Schicht. Band 635—474; 402.5—372; Abs. von 311.

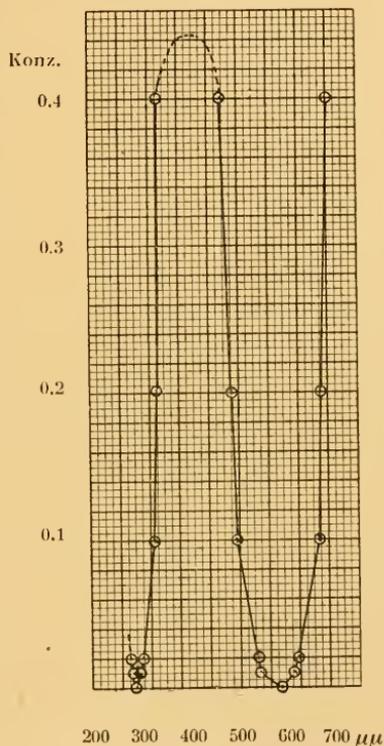


Fig. 2.

Brilliant Safranin.

Die Maxima liegen bei 565 und 387. Das erstere Maximum ist intensiver, die Grenzen überhaupt scharf.

Lösung N:r 6. Zu 80 ccm der Lösung N:r 5 wurden 28 ccm Säure gefügt. Farbe blauviolett. Grenzen der Absorption:

N:r 6. 80 mm Schicht. Band 704—474; 421—358; Abs. von 318
 » 6. 40 » » » 667—486; 418—378; » » 315
 » 6. 20 » » » 645—514; 411—383; » » 313

Die Maxima liegen bei 584 und 395. Man beachte die Wanderung derselben gegen das rote Ende des Spektrums bei zunehmendem Säuregehalt. Hinsichtlich des im sichtbaren Gebiete liegenden Maximums habe ich schon früher auf diese Tatsache hingewiesen, sie gilt aber auch für das ultraviolette Maximum.

Die schwefelsaure Lösung N:r 7 wurde durch Versetzen von 80 ccm der Lösung N:r 6 mit 20 ccm Säure bereitet. Farbe blau bis blaugrün. Grenzen der Absorption:

N:o 7. 80 mm Schicht. Band 740—503; 460.5—363; Abs. von 323
 » » 40 » » » 725—683; 656—527; 459—387; Abs. von 317
 » » 20 » » » 711—686; 627—559; 457—391; » » 313

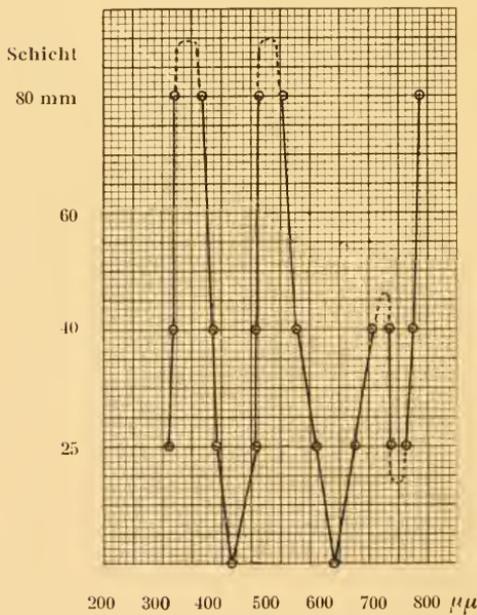


Fig. 3.
Brilliant Safranin mit H_2SO_4 .

Das erste Absorptionsband hat sich also in zwei geteilt, jedoch ist die Trennung undeutlich. Da die mir zur Verfügung stehenden ortochromatischen Platten so weit im roten Gebiete wenig empfindlich waren, mussten jene Grenzen mit dem Spektroskope bestimmt werden. Mit dem Spektralphotometer konnte ich die Aufspaltung nicht entdecken. Die Maxima liegen bei 697, 591 und 416. Sie setzen ihre Wanderung nach dem roten Ende fort. Vgl. Fig. 3.

Die Lösung N:r 8 entstand durch Zusatz von 25 cem Schwefelsäure zu 75 cem von N:r 7. Ihre Farbe war grün, die Grenzen der Banden folgende:

N:o 8. 80 mm Schicht Abs. bis 544; Band 488—373; Abs. von 331
» 8. 40 » » Band 722—572, in der Mitte bei 648
etwas heller. Spuren eines Bandes 543—493. Band 473—378.
Abs. von 318.

N:o 8. 20 mm Schicht. Band 709—667; 626—609; Sehr schwacher Band 543—493. Band 452—385; Abs. von 313. Die Maxima liegen bei 691, 617, 516.5 und 416. Sie sind nicht alle deutlich, aber sonst sind die Grenzen der Abs. vorwiegend scharf, besonders die Grenze der kontinuierlichen ultravioletten Absorption.

Wenn die Konzentration der Safraninlösung N:r 3 mit 1 bezeichnet wird, so sind die Konzentrationen der schwefelsauren Lösungen:

N:o 5: 9/10, N:o 6: 2/3, N:o 7: 8/15 und N:o 8: 2/5.

Nach B u s s ¹⁾ absorbiert die Wasserlösung von Safranin von b bis F, die Schwefelsäurelösung bis 670, 594—570, 448—383 und von 310 an. Seine Werte entsprechen einigermaßen den meinigen, wogegen andere Forscher: z. B. Vogel, M a c a g n o, F o r m á n e k verschiedene Werte erhalten, die wohl von anderen Safraninpräparaten herrühren.

c) *Echtrot extra M. P.*

Echtrot ist eine Sulfosäure von Naphtalin- Azo- β -Naphtol, die in der Photographie als Sensibilisator verwendet wird. Echtrot extra M. P. ist ein rotbraunes Pulver. Es wurden von dem Präparat sechs verschiedene Wasserlösungen untersucht, die bezw. 1; 0.1; 0.04; 0.01; 0.0055 und 0.001 g auf ein edm Wasser enthielten. Hinsichtlich der Farbe war N:o 1 dunkelrot, die anderen immer schwächer rot. Die Schichtdicken betragen 80, 40 und 20 mm. Ich erhielt folgende Ergebnisse:

¹⁾ O. B u s s l. c.

N:o 1.	Schichtdicke	80 mm	Abs. von	629
» 1.	»	40 »	»	» 621
» 1.	»	20 »	»	» 614
N:o 2.	»	80 »	Abs.band	597—389
» 2.	»	40 »	»	591—446. Abs.von 337
» 2.	»	20 »	»	568—471 schwache Abs. von 333, totale von 264.
N:o 3.	»	40 »	»	562—477 Abs.von 263
» 3.	»	20 »	»	546?—493 » » 248.5
N:o 4.	»	80 »	»	546—493 » » 248.5
» 4.	»	20 »	»	523—499 Allmählich zunehmende Absorption von 236.

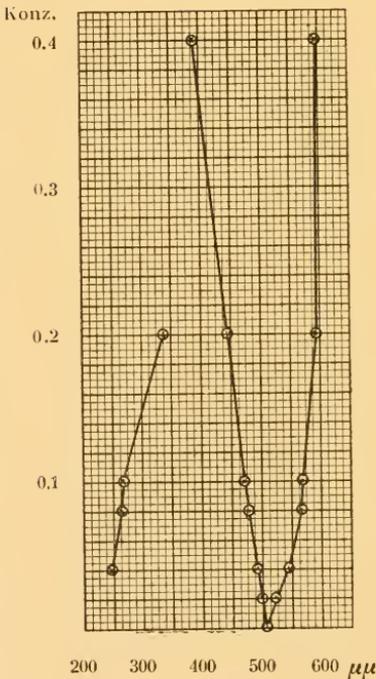


Fig. 4.

Echtrot extra.

N:o 5 und 6. Allmählich zunehmende Durchsichtigkeit bis zum Ende.

Bei N:r 4 zeigten sich auf einigen Platten Spuren eines schmalen Bandes 624—601.5, das ich jedoch okular weder mit dem Spektroskop, noch mit dem Spektralphotometer entdecken konnte.

Ich habe früher gezeigt, dass für die oben benutzten Konzentrationen das Beer'sche Gesetz nicht genau gilt. Andererseits zeigen die Messungen bei der Lösung N:o 3, Schicht 20 mm und N:o 4, Schicht 80 mm, dass die auf den Platten beobachteten Unterschiede verschwindend klein sind. Ich habe darum bei den Kurven alle Aufnahmen auf dieselbe Schichtdicke 20 mm,

aber stärkere Konzentrationen bezogen, weil dadurch eine bessere Übersicht erhalten wird.

Die Lösungen besitzen also nur ein Absorptionsband im sichtbaren Gebiete. Vgl. Fig. 4. Das Absorptionsmax. liegt bei 504.5. Denselben Wert erhielt ich mit dem K ö n i g-M a r t e n s s c h e n Spektral-photometer. Genau denselben Wert findet auch F o r m á n e k.

d) *Eosin gelbl. M. P.*

Das Eosin, Alkalisalz des Tetrabromfluoresceins, findet u. a. Verwendung zur Färbung von Zuckerwaren und Likören. Das hier untersuchte Präparat, Eosin gelbl. M. P., ist ein dunkelrotes (rotbraunes) Pulver. Seine Lösungen sind rot und zeichnen sich durch lebhaftere Fluoreszenz aus. Die Fluoreszenzfarbe ist grün. — Es wurden folgende Konzentrationen benutzt: N:o 1, 1 g auf 1 cdm Wasser, N:o 2, Konz. 1/10 vom vorigen, N:o 3, Konz. 0.01 und N:o 4, Konz. 0.005. Die Resultate waren folgende:

Lösung N:o 1.	Schicht	20 mm	Abs. von	570 an.
»	» 2.	» 80	» Band.	560—440, Abs. von 352 an.
»	» 2.	» 40	» Band	551.5—453, Abs. von 313 an.
»	» 2.	» 20	»	549—457, Abs. von 313, schwache Abs. schon von 354 an.
»	» 3.	» 20	» Band	528.5—498. Platte ziemlich durchsichtig bis zum violetten Ende.
»	» 4.	» 20	» Band	522—506. Platte von da an durchsichtig bis zum Ende.

Das Max. liegt nach den Aufnahmen bei 515 $\mu\mu$. Mit dem K ö n i g-M a r t e n s s c h e n Spektralphotometer erhielt ich früher 513, mit einem kleinen sekundären Max. bei 482.

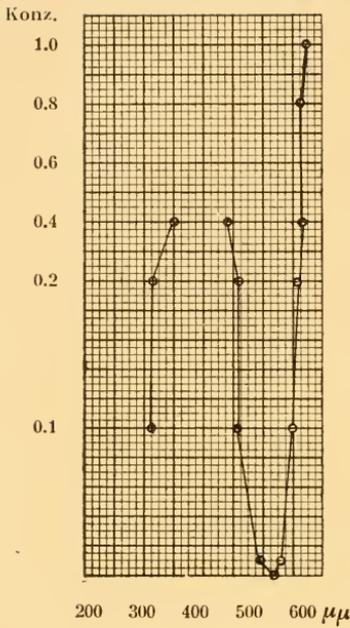


Fig. 5.

Eosin gelbl.

Das B e e r s c h e Gesetz gilt nicht für fluoreszierende Lösungen mit der oben benutzten Konzentration. Da die Abweichungen von dem Gesetze aber, wie ich auch bei den fluoreszierenden Erythrosinlösungen bestätigte (S. 20), so klein sind, dass sie bei der graphischen Darstellung kaum sichtbar werden, habe ich, um die Kurven anschaulicher zu machen, sämtliche Werte auf eine Schichtdicke von 20 mm und entsprechend stärkere Konzentration umgerechnet.

Nur ein Absorptionsmax. existiert innerhalb der hier betrachteten Grenzen. Das Band ist verhältnismässig schmal und scharf (Fig. 5), wo oberhalb von 0.2 die Ordinaten im Verhältnis 1:5 verkleinert sind.

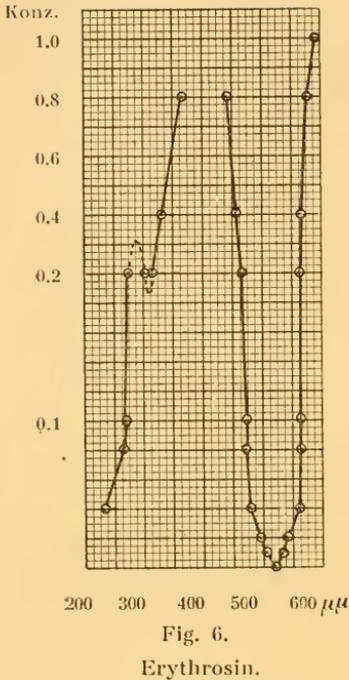
e) Erythrosin B M. P.

Von Erythrosin, einem Alkalisalz des Tetrahydrofluoreszeins, wurden fünf verschiedene Lösungen untersucht, jede mit zwei bis drei verschiedenen Schichtdicken. Das Salz hat braunrote Farbe und kann zur Färbung von Zuckerwaren und Likören Verwendung finden. Die Lösungen zeigen deutliche Fluoreszenz, indem sie in durchgehendem Licht rot, im reflektierten braun erscheinen.

Die Konzentration der Lösung N:o 1 war 1 g auf 1 cdm Wasser, die der anderen bezw. 0.2; 0.1; 0.02 und 0.01. Dieselben wurden meistens sowohl in 80 als in 40 und 20 mm dicken Schichten untersucht. Da das B e e r s c h e Gesetz für fluoreszierende Erythrosinlösungen nicht gilt, kann man nicht ohne weiteres die Absorption einer 40 mm dicken Schicht mit einer 20 mm dicken Schicht doppelter Konzen-

tration identifizieren. Die Abweichungen vom B e e r schen Gesetz sind aber nicht besonders gross und, wie unten festgestellt wurde bei der Bestimmung der Grenzen der Absorptionsbanden, kaum merkbar. Die gefundenen Grenzen sind folgende:

N:o 1.	40 mm Schicht.	Kont. Abs. von	596.2.
» 1.	20 » »	» » »	589.
» 2.	80 » »	Abs. Band.	575.3—441, kont.Abs. von 365.
» 2.	40 » »	» »	565—454 kont. Abs. von 351.5.
» 2.	20 » »	» »	559.5—463 Abs. Band 311—303 und kont. Abs. von 276.
» 3.	80 » »	» »	573—459. Schwache Abs. von 347, totale von 318.
» 3.	40 » »	» »	569.6—467.7 und 312.5—294.5, kont. Abs. von 277.6.
» 3.	20 » »	» »	565.5—471 kont.Abs. von 268.5.
» 4.	80 » »	» »	564—472. Allmählich wachsende Abs. von 262 bis zum Ende.
» 4.	40 » »	» »	557.5—477.4. Allmählich zunehmende Abs. von etwa 230.
» 4.	20 » »	» »	537—497. Durchgehendes Licht bis zum Ende.
» 5.	40 » »	» »	539—497.2 Durchgehendes Licht bis zum Ende.
» 5.	20 » »	» »	530—503.5 Durchgehendes Licht bis zum Ende.



Das Hauptmaximum liegt bei 514.5, ein unbedeutendes Max. bei 304.5. Das letztere könnte möglicherweise dadurch bedingt sein, dass die Lichtbogenlinien weniger dicht da liegen. Früher erhielt ich mit dem König-Martens-Spektralphotometer 514.—Es wurden so viele Aufnahmen gemacht um zu untersuchen, ob auch auf den Photogrammen die Abweichungen von dem Beerschen Gesetze zu entdecken seien. Da z. B. N:o 2 mit einer Schicht von 40 mm und N:o 3 mit 80 mm sowie N:o 2 mit 20 mm und N:o 3 mit einer Schicht von 40 mm und N:o 4 mit 20 mm und N:r 5 mit 40 mm je zwei ungefähr dieselben Werte der Grenzen gaben, sind die Abweichungen kaum merkbar. Einer besseren Übersicht wegen sind darum in Fig. 6 die Dicken alle auf eine Schicht von 20 mm bezogen und dabei die verschiedenen Konzentrationen in Betracht genommen.

Die Ordinaten in Fig. 6 oberhalb von 0,2 sind im Verhältnis 1 : 5 verkleinert.

f) Indigocarminblau B G. M.P.

Die zuerst bereitete Lösung mit 1 g von der blauen pulverförmigen Substanz auf 1 edm Wasser war stark lichtabsorbierend. Trotzdem gelang die Bestimmung der Grenzen der Absorptionsbänder bei einer Schichtdicke von 20 mm. Ausserdem wurden noch zwei Lösungen mit 10 bzw. 100 — mal schwächerer Konzentration benutzt. Vorher habe ich mit dem König-Martenschen Spektralphotometer ausserdem noch eine vierte Lösung untersucht, deren Konzentration 1/1000 der ursprünglichen war. Wie ich gezeigt habe, gilt

das B e e r s c h e Gesetz für obige Konzentrationen. — Die jetzt erhaltenen Resultate waren folgende:

N:o 1.	20 mm.	Abs. vom roten Ende bis 523,	Band 438—361.5,
			Abs. von 344 bis zum Ende.
N:o 2.	40 mm	Schicht.	Band 690—546, 423—405, 322.5—297,
			Abs. von 252 bis zum Ende.
» 2.	20 »	»	» 679—569.5; 417—408.5; 316.5—306; Abs. von 249 bis zum Ende.
» 3.	40 »	»	» 662—603, von da an durchgehendes Licht bis zum Ende.
» 3.	9.2 »	»	» 655—624, von da an durchgehendes Licht bis zum Ende.

Die Maxima liegen bei 640.5; 412.5 und 309.2 $\mu\mu$. Im sichtbaren Gebiete stimmen die Beobachtungen ziemlich gut mit M a c g n o s überein.

Um auch die Grenzen der Absorption der Lösung N:o 1 in Fig. 7 einzeichnen zu können, musste ich die Ordinaten oberhalb von Konz. 0.2 auf 1/5 reduzieren.

g) *Krystall Ponceau 6*
R M. P.

Von der dunkelroten Substanz benutzte ich vier Lösungen, die 1 g, bzw. 0.1; 0.05 und 0.01 g auf 1 cdm Wasser enthielten. Die beiden ersten Lösungen sowie die letzt-

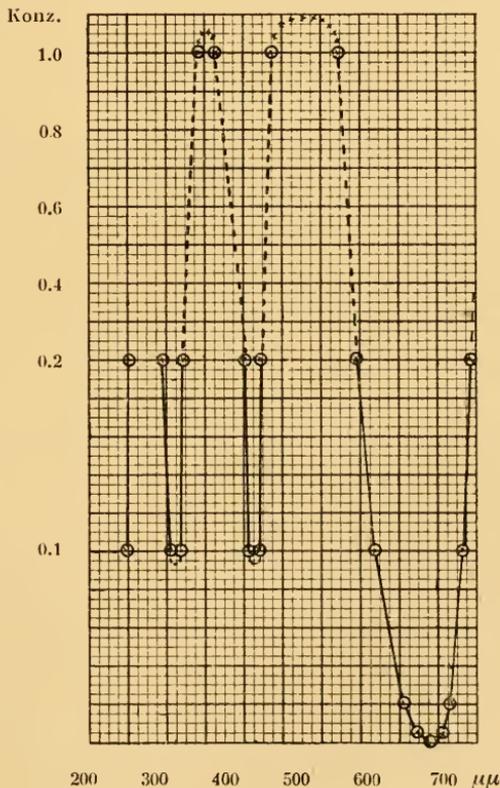


Fig. 7.

Indigocarminblau.

genannte hatte ich früher mit dem K ö n i g - M a r t e n s -
schen Spektralphotometer untersucht, und dabei gefunden,
dass das B e e r s c h e Gesetz für sie gilt. Zur Spektralphoto-
metrischen Bestimmung des Maximums der Absorption
waren die Lösungen jedoch zu stark absorbierend. Jetzt be-
stimmte ich das Max. im sichtbaren Spektrum sowohl mit
dem Spektrographen und dem Spektroskop als mit dem
Spektralphotometer von K r ü s s. Die Grenzen der Ab-
sorption waren folgende:

Lösung

N:o 1 (1 g p. 1 cdm Wasser)	40 mm Schicht.	Abs. von 615.
	20 » » » »	605.
	9.2 » » » »	601.
N:o 2 (0.1 g p. 1 cdm Wasser)	40 mm Schicht.	Band 586— 416, Abs von 359.
	20 » Schicht.	Band 580— 454; 344—319, Abs. von 304.
N:o 3 (0.05 g p. 1 cdm Wasser)	40 » Schicht.	Band 581— 453; 345—318, Abs. von 304.
	20 » Schicht.	Band 575— 460; 342—318, Abs. von 274.
N:o 4 (0.01 g p. 1 cdm Wasser)	40 » Schicht.	Band 560.5— 468, Abs. von 246.
	20 » Schicht.	Band 551— 474. Von da an durchgehendes Licht bis zum Ende.

Wie ersichtlich giebt N:r 3, Schicht 40 mm fast ganz
genau dieselben Grenzen der Absorption wie die halbe Schicht-
dicke doppelter Konzentration.

Die Maxima liegen bei 508.0 und 329.5. Der erste Wert
stimmt mit dem Resultat von G i r a r d und P a b s t ¹⁾
(c:a 507) gut überein. Vgl. Fig. 8.

¹⁾ Ch. Girard et Pabst, C. R. 101 S. 157—160 (1885).

h) Naphtholgelb L M. P.

Von Naphtholgelb, Dinitro- α -Naphtholsäure, einem orangefelben Pulver, untersuchte ich früher mit dem König-Martenschen Spektralphotometer 3 Lösungen, die 3 bzw. 1 und 0.1 g auf 1 cdm Wasser enthielten. Die Messungen ergaben die Gültigkeit des Beer'schen Gesetzes bei jenen Konzentrationen, aber die Maxima der Absorption konnte ich mit den mir damals zu Gebote stehenden Mitteln nicht bestimmen. In der vorliegenden Arbeit untersuchte ich 5 verschiedene Lösungen mit den Konzentrationen 3; 0.3; 0.03; 0.018 und 0.006 g per Liter. Die Grenzen der Absorption waren folgende:

- N:o 1. 40 mm Schicht. Abs. von 527 an.
 20 » » » » 523 »
 N:o 2. 40 » » » » 501 »
 20 » » » » 492 »
 N:o 3. 20 » » Absorptionsband 469—360 (bis 382 totale Abs.) Allmählich ansteigende Absorption von etwa 290, starke Abs. von 268.
 N:o 4. 20 » » Band 454—422, 403—388. Von da an durchgehendes Licht bis zum Ende.
 N:o 5. 20 » » Die Abs. Bänder nur schwach ausgeprägt, sonst durchgehendes Licht bis zum Ende.

Die Maxima liegen bei 435 und 391. B u s s findet 435 und 385. Die Grenzen ziemlich unscharf. Siehe Fig. 9.

Die Zahl der Aufnahmen betrug über 50.

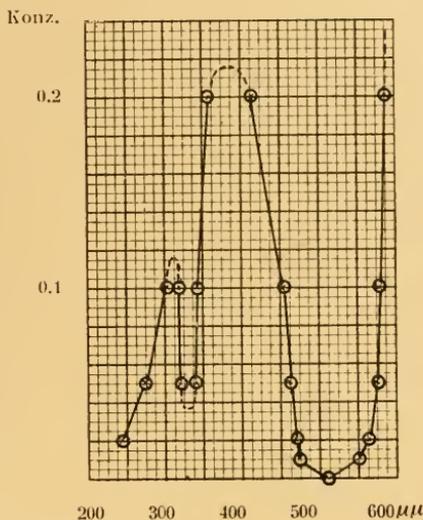


Fig. 8.

Kristall Ponceau.

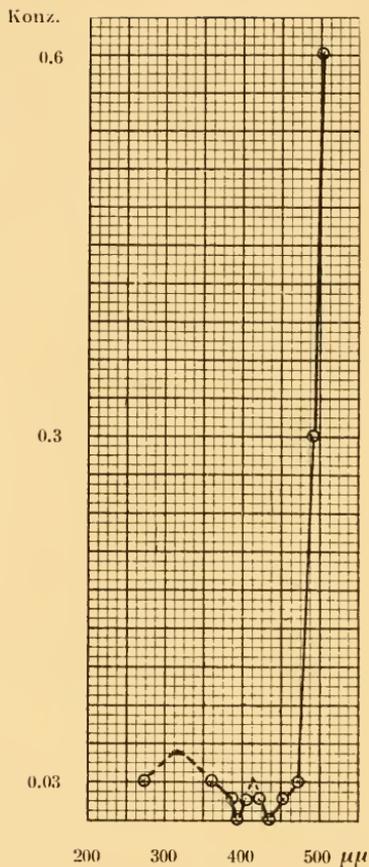


Fig. 9.

Naphtholgelb.

- N:o 3. 40 mm Schicht. Band 554—527. Durchgehendes Licht, obgleich mit abnehmender Intensität bis zum Ende.
- 20 » » » 550.5—528.5. Durchgehendes Licht, obgleich mit abnehmender Intensität bis zum Ende.

i) *Rose Bengale M. P.*

Rose Bengale ist ein Fluoreszeinderivat, das von mir vermittels des Spektralphotometers früher genau untersucht wurde. Für die Untersuchung der Absorption im ultravioletten Gebiete wurden drei Lösungen benutzt, N:o 1, 2 und 3, die 1 bzw. 0.1 und 0.01 g Substanz auf 1 cdm Wasser enthielten. Alle drei Lösungen fluoreszierten, N:o 3 jedoch schwächer als die anderen. Die Messungen ergaben folgende Werte:

N:o 1. 40 mm Schicht. Band 586—454, schwache Abs. von 427, starke von 328.

N:o 1. 20 mm Schicht. Band 582—463.5 schwache Abs. von 427, starke von 276.

N:o 2. 40 mm Schicht. Band 569—482.5 und 318—304 (un- deutlich), Abs. von 283.

N:o 2. 20 mm Schicht. Band 566.5—489 und 317—300, Abs. von 282.

Die Maxima liegen bei 541 und 311. Den ersten Wert erhielt ich schon früher mit dem Spektralphotometer. Wie die Fig. zeigt ist das zweite Maximum unbedeutend. In der Fig. 10 sind die Ordinaten oberhalb von 0.2 im Verhältnis $\frac{1}{5}$ verkleinert.

Die Banden zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit denjenigen des Erythrosins.

j) *Tartrazin M. P.*

Von dieser gelben Substanz wurden vier Lösungen mit den Konzentrationen 1; 0.1; 0.033 und 0.01 g auf 1 cdm Wasser bereitet. Früher hatte ich mit dem König-Martensschen Spektralphotometer gefunden, dass das Beersche Gesetz für die Konzentrationen 4.68; 0.94 und 0.12 g auf 1 cdm Wasser gilt; aber es gelang mir damals nicht das Maximum der Absorption zu finden, das im violetten Spektralgebiete liegt, weil das Photometer da versagte. Jetzt erhielt ich folgende Resultate:

- N:o 1. 40 mm Schicht. Abs. von 514.5
 20 » » » Band 510.5—319.5 Abs. von 310.5
- N:o 2. 40 » » » » 495.5—343.0 » » 292
 20 » » » » 482.0—377.0 » » 279
- N:o 3. 40 » » » » 463.0—392.0 Spur eines.
 Bandes 269—250 mit dem
 Max. 260.
 20 » » » » 440—409 von da an durch-
 gehendes Licht bis zum
 Ende.
- N:o 4. 40 » und 20 mm. Durchgehendes Licht mit abneh-
 mender Intensität bis zum Ende.

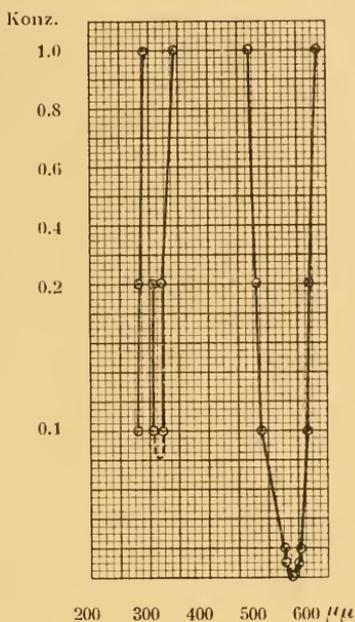


Fig. 10.

Rose Bengale.

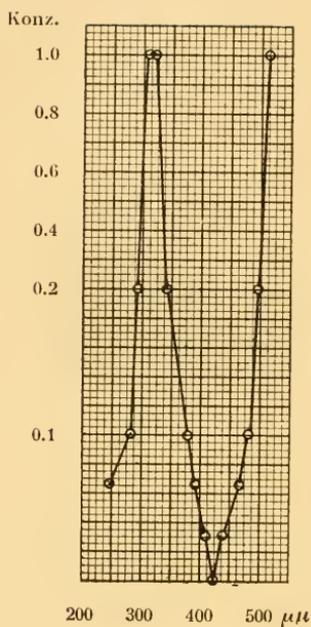


Fig. 11.
Tartrazin.

Das Absorptionsmaximum liegt bei 425. Doch sei bemerkt, dass die Bestimmung der Grenzen der Banden sowie des Max. durch das langsame Anwachsen bzw. Abnehmen der Absorption erschwert wurde. In Fig. 11 sind die Ordinaten oberhalb von 0.2 im Verhältnis 1:5 verkleinert.

4. Zusammenfassung.

Die obigen Untersuchungen bilden eine Ergänzung zu meinen früher angestellten Messungen der Lichtabsorption farbiger Lösungen im sichtbaren Spektralgebiete, welche letzteren hauptsächlich mit einem Spektralphotometer König-Martenscher Konstruktion ausgeführt wurden und vor allem die Prüfung der Giltigkeit des Beerschen Gesetzes bezweckten. Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Absorptionsbanden im sichtbaren und ultravioletten Teile des Spektrums. — Die hierbei benutzten Apparate bestanden aus einem kleinen Quarzspektrographen von Heele, einem von Krüss gelieferten Spektralphotometer nach Vierrordt (mit Doppelspalt mit symmetrischer Verbreiterung), der auch als Spektroskop benutzt wurde, sowie einem geradsichtigen Spektroskope von Heele. Es wurden folgende zehn Substanzen untersucht: *Aurantia extra* mit der Marke M. P., *Brilliant Safranin* G M. P., *Echtröt extra* M. P., *Eosin gelbl.* M. P., *Erythrosin* B M. P., *Indigocarminblau* B C M. P., *Krystall Ponceau 6* R M. P., *Naphtholgelb* L M. P., *Rose Bengale* M. P. und *Tartrazin* M. P. Ausserdem wurde, um die Leistungsfähigkeit des neulich angeschafften Quarzspektrographen zu prüfen, das *Linienpektrum des Quecksilbers* (Quarzlampe von Heraeus) untersucht.

Einige Schwierigkeit bot die Anschaffung einer passenden Lichtquelle. Es wurde der *Lichtbogen* zwischen besonders präparierten Kohlen (*J o n e s*-Elektroden) sowie eine *Nernstlampe* von 800 H. K. benutzt. Die Bogenlampe bewährte sich ziemlich gut, die Zahl der Linien war so gross dass das Spektrum einen fast kontinuierlichen Eindruck machte, jedoch war die Bestimmung der Grenzen der Absorptionsbanden und vor allem die Lage der Maxima nicht leicht, besonders bei denjenigen Wellenlängen, wo die zur Kontrolle benutzte Nernstlampe versagte.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle Zusammen- gestellt:

- Aurantia extra*: Ein ziemlich breites Band mit dem Max. bei 425 $\mu\mu$.
- Brilliant Safranin*: Zwei Bänder, das stärkere mit dem Max. bei 519, das schwächere bei 275. Bei Zusatz von Schwefelsäure wandern die Maxima nach dem roten Ende des Spektrums und neue Max. treten auf.
- Echtröt extra*: Ein verhältnismässig scharfes Band mit dem Max. bei 504.5.
- Eosin gelblich*: Ein verhältnismässig scharfes Band mit dem Max. bei 515.
- Erythrosin*: Ein relativ scharfes Hauptband mit dem Maximum bei 514.5, unbedeutendes sekundäres Max. bei 304.5.
- Indigocarminblau*: Das Hauptmaximum liegt bei 640.5, zwei sekundäre Maxima bei 412.5, bzw. 309.2.
- Krystall Ponceau*: Ein ziemlich breites Hauptband bei 508, ein sekundäres mit dem Max. bei 329.5.
- Naphtolgelb*: Sehr schwach ausgeprägte Banden. Die Maxima liegen bei 435 und 391.
- Rose Bengale*: Scharfes Hauptband mit dem Maximum bei 541. Das sekundäre Max. bei 311 ist unbedeutend.
- Tartrazin*: Ein verhältnismässig scharfes Band mit einem Maximum bei 425.

Die in dieser Arbeit untersuchten lebhaft gefärbten Farbstoffe besitzen also in ihren Wasserlösungen überhaupt verhältnismässig einfach gebaute Absorptionsspektren. Die Maxima der Hauptbanden liegen im sichtbaren Teile des Spektrums.

Die Untersuchung wurde ausgeführt im physikalischen Institute der Universität Helsingfors. Es ist mir eine angenehme Pflicht Herrn Professor H. j. T a l l q v i s t meinen besten Dank auszusprechen für seine Freundlichkeit mir die nötigen Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen.

Helsingfors im Februar 1920.



Physiologische und experimentell morphologische Studien an beblätterten Lebermoosen. I und II.

Von

HANS BUCH.

Mitgeteilt den 19. Jan. 1920. — Gedruckt auf Vorschlag der Herren V. F. Brotherus und H. Lindberg.

I. Über die Keimung.

Was man bei den Moosen Keimung nennt, ist die beginnende Protonemaentwicklung aus den Sporen. Als Keimung pflegt man meist auch die Entwicklung von Protonema oder Moospflanzen aus den Moosbrutorganen zu bezeichnen. Mit gleichem Recht kann man aber auch die sogenannte Regeneration bei den Moosen Keimung nennen. Es handelt sich hier nämlich keineswegs um Regeneration im eigentlichen Sinne des Wortes: verlorengegangene Moosteile werden nicht regeneriert d. h. wiederhergestellt ¹⁾, sondern, wenn überhaupt Zellteilungen durch störende Eingriffe von aussen veranlasst werden, führen diese ausschließlich zur Bildung von Protonema, Thalli oder Sprossen (oder nur zur Wundheilung).

¹⁾ Es ist jedoch möglich, dass echte Regeneration bei embryonalen Teilen vorkommen kann: Correns hat zwei Fälle echter Regeneration bei Laubmoosen beschrieben (99. S. 58 und 236).

Als Keimung bezeichne ich also: 1) Jegliche Anlegung von Protonema ¹⁾.

2) Die Anlegung von Moospflanzen an Moosfragmenten.

3) Die Wiederaufnahme der Entwicklung ruhender Protonema- oder Pflanzenanlagen.

Praktisch braucht man bei der Keimung mit dem Punkte zwei kaum zu rechnen, da meiner Erfahrung nach stets zuerst ein Protonema angelegt wird, an dem dann die Moospflanze entsteht.

Die Anlegung eines Protonemas geschieht wie bekannt aus einer einzigen Zelle. Als erstes sichtbares Zeichen der Keimung pflege ich das Auftreten einer Zellteilung zu betrachten (wenn es sich nicht um gewöhnliche Wundheilung handelt) ²⁾.

Das Vermögen Protonema anzulegen, Keimvermögen, scheint jede lebende Mooszelle zu besitzen kann dieses aber nur tätig werden lassen, wenn gewisse Bedingungen vorhanden sind. Diese sollen hier behandelt werden sowie die naheliegende Frage von der Lokalisation der Keimung an mehrzelligen Lebermoosteilen.

A. *Über die Bedingungen der Keimung.*

Die Keimungsbedingungen sind teils innere, teils äussere. Zu den *inneren Keimungsbedingungen* rechnet man wie bekannt folgende:

1) Dass die betreffenden Teile korrelativen Hemmungen entweder überhaupt nicht oder nur schwach ausgesetzt sind,

¹⁾ Zur Keimung rechne ich jedoch nicht die unter gewissen Umständen geschehende Verwandlung des Moospflanzenvegetationspunktes in Protonema.

²⁾ Bei vielen, namentlich isolierten Zellen, z. B. Sporen, Keimkörner, geschieht allerdings zuerst ein oft ansehnliches Wachstum der Zelle. Dies braucht jedoch nicht den Beginn der Keimung in meinem Sinne zu bedeuten, da hierauf nicht mit Notwendigkeit Zellteilung zu folgen braucht; Wachstum und Zellteilung sind bekanntlich von ganz verschiedenen Bedingungskombinationen abhängig (Vergl. Küster. 08. S. 482). Und es giebt in der Tat Fälle, wo die auf das Wachstum der Sporen normal folgende Zellteilung nicht eintritt (u. a. in gewissen Dunkelkulturen Laage's. 07. S. 106).

d. h. der hemmenden Wirkung des Vegetationspunktes der Mutterpflanze vollständig oder zum grossen Teil entzogen sind.

2) Eine nicht allzu grosse Spezialisierung.

3) Die Anwesenheit eines gewissen Quantum plastischer Stoffe in den Zellen.

Dass es aber auch andere innere Keimungsbedingungen giebt, geht z. B. aus folgenden Beobachtungen hervor.

In absoluten Reinkulturen von *Sphenolobus Michauxii* keimten die an den Pflänzchen gebildeten Keimkörner erst ein bis mehrere Monate nach dem sie abgefallen waren, während die Sporen (Frühlingsaussaat), welche zur Herstellung der Kulturen dienten, stets schon in zwei Wochen keimten. Bei Anwesenheit eines besonderen Reizmittels wurde aber die Keimung der Keimkörner stark beschleunigt. Ein solches ist das von L a g e (07. S. 105) als Stimulanzium für Moossporen empfohlene Ferriammoniumtartrat. In allen Kulturen (vier an der Zahl), wo die Nährlösung neben anorganischen Bestandteilen diesen Stoff (0.005 %, Siehe S. 21, Substr. XXI) enthielt, keimten die an den Blattzipfeln reichlich vorkommenden Brutkörner schon ehe sie von der Mutterpflanze abfielen (physiologisch isoliert waren sie dagegen wahrscheinlich wohl), welches in anderen, sonst vollkommen gleichen Kulturen, aber ohne den obigen Stoff, nie eintrat und auch in keiner anderen meiner Kulturen vorkam. Als Nährmittel war die geringe Quantität Ferriammoniumtartrat natürlich bedeutungslos; die Pflänzchen der betreffenden Kulturen wuchsen nicht rascher und waren nicht kräftiger als die Parallelkulturen ohne diesen Stoff.

Bei den Keimkörnern von *Sphenolobus Michauxii* kommt also normal eine Lange Reifungsperiode vor. (Analoge Verhältnisse kommen bekanntlich auch bei Fanerogamsamen vor). Die Überwindung dieser Periode ist eine innere Keimungsbedingung.

Womit hängt das Vorkommen dieser Reifungsperiode zusammen? Sie dauert — ohne Anwendung besonderer Stimulanzien — noch lange nachdem der erwachsene Zustand schon erreicht ist. Man könnte sich vielleicht dennoch vorstellen, dass das Protoplasma irgendwie seinen embryonalen

Charakter eine längere Zeit beibehält und in diesem Zustande kein entwickeltes Keimvermögen besitzt. Dies erscheint aber ziemlich absurd, wenn man bedenkt, dass manche Zellen, z. B. die Nematogene (C o r r e n s. 99) ihr erhöhtes Keimvermögen gerade dem embryonalen Charakter ihres Plasmas zu verdanken haben. Zu dem hat es sich in meinen Kulturversuchen gezeigt, dass in ganz oder teilweise embryonalem Zustande, abgetrennte Blätter, der in dieser Hinsicht untersuchten Arten (*Scapania nemorosa*, *Sc. irrigua*, *Sc. helvetica*, *Lophozia ventricosa*, *L. Wenzelii*) ebenso rasch oder rascher keimen als die erwachsenen Blätter derselben Individuen¹⁾. Die lange Reifungsperiode kann also kaum dem Umstande zugeschrieben werden, dass die Keimkörner vielleicht beim Abfallen noch embryonales Plasma besitzen, sondern muss unbekanntem inneren Ursachen zugeschrieben werden.

Den Zweck der Reifungsperiode der obigen Keimkörner hat man wohl in der grösseren Verbreitungsmöglichkeit zu suchen. Die Verbreitung der Keimkörner geschieht meist mit Hilfe des Wassers (B u c h, 11. S. 26). Je länger also die Reifungsperiode dauert, um so weitere Strecken werden sie verschleppt, ehe sie durch die Keimung verankert werden.

Einer langen Reifungsperiode schreibt S e r v e t t a z (13) auch die Spätkeimung einiger Laubmoossporen zu. Dass wir es jedoch hier wahrscheinlich mit einer anderen Erscheinung zu tun haben, sprechen folgende Umstände. Die Spätkeimung von Sporen, welche dem Äusseren nach vollkommen reif waren, kam eigentlich nur in solchen Fällen vor, wo die Sporen im Winter noch geschlossenen Kapseln entnommen waren (l. c. S. 124), während die Sporen im Sommer reifen der Kapseln stets sehr bald keimten. Hätte die Aussaat der obigen Spätkeimer im Frühling nach dem Aufspringen der

¹⁾ Eine Ausnahme bilden allerdings die Blätter von *Lophocolea minor*. Die bei diesen umgekehrte Sachlage hängt wie es scheint damit zusammen, dass bei dieser Art an den erwachsenen Blättern in der freien Natur stets Keimung auch ohne Abtrennung von der Muthoffpflanze erfolgt; die Keimung kann daher bei den eventuell noch ungekeimten erwachsenen Blättern (den obersten) schon eingeleitet sein, so dass diese hierin einen Vorsprung vor den Heichzeitig ausgesäten embryonalen Blättern haben.

Kapseln stattgefunden, wäre Keimung wahrscheinlich rasch erfolgt. Das anfängliche Ausbleiben der Keimung bei Aussaat im Winter beruht also vielleicht auf das Vorkommen einer Winterruheperiode des Sporophyten nebst Sporen, ähnlich wie sie bei vielen namentlich Holzgewächsen vorkommt. Die Tatsache, dass die Sporenkapseln einer sehr grossen Anzahl Lebermoose des gemässigten Klimas schon im Herbst reifen, aber die Streckung der Stiele und das Aufspringen erst im Frühling erfolgt, spricht für das Vorkommen einer Winterruheperiode auch beim Lebermoossporophyten. Bei der Lebermoospflanze existiert dagegen wahrscheinlich keine solche Periode; jedenfalls konnte ich beliebige Lebermoosteile zu jeder Zeit zum Keimen bringen.

Meine Untersuchungen betreffs der äusseren Bedingungen der Keimung berühren hauptsächlich die im Substrate enthaltenen, nicht die atmosphärischen Verhältnisse und Temperatur — diese seien hier als normal vorausgesetzt —.

Bei den allermeisten bis jetzt ausgeführten Keimversuchen mit Moosen sind Nährstoffe und Wasser enthaltende Substrate angewandt worden. Von Interesse wäre es jedoch zu erfahren, ob die Keimung bei den Moosen auch ohne chemische Reizmittel erfolgen kann.

L a a g e (07. S. 104) konnte bei den auch im Dunkeln sonst so leicht keimenden Sporen der *Funaria hygrometrica* auf destill. Wasser keine Keimung im Dunkeln erzielen, aber schon Spuren von Kochsalz lösten diese aus (ob im Lichte Keimung auf dest. Wasser geschieht, wird nicht erwähnt).

Mit Sporen des Lebermooses *Sphenolobus Michauxii* habe ich dies bezügliche Versuche angestellt; Keimung erfolgte nicht auf und in sterilem destill. Wasser, nicht mal im Lichte. In den Nährsalze enthaltenden Parallelkulturen erfolgte die Keimung dagegen leicht. Wahrscheinlich verhalten sich auch beliebige Moosfragmente ähnlich. Leider besass ich aber kein absolut reines Material, welches zur Untersuchung der Frage nötig ist. Es ist nämlich sehr wahrscheinlich, dass Fremdorganismen keimungsauslösend wirken können.

Die obigen Sporen bedurften also eines chemischen Reizmittels um keimen zu können. Jetzt entsteht die Frage, ob dieses allein genügt, oder ob auch Wasser und Licht (eventuell Temperaturwechslungen) hierzu nötig sind.

Vollkommen trockene Moosteile, z. B. trockene Sporen, können selbstverständlich nicht ohne flüssiges Wasser zum Keimen gebracht werden, da die Moose, ebensowenig wie andere Pflanzen, gasförmiges Wasser verwerten können. Es können also nur Teile mit turgeszenten Zellen in Frage kommen (z. B. aus nicht offenen, aber reifen Sporangien genommene Sporen, oder frisch abgetrennte Blätter), bei welchen man durch Verhinderung der Transpiration für die Aufrechterhaltung des Turgors sorgt. Apriori könnte man sich eine Keimung ohne flüssiges Wasser turgeszenter Teile wohl denken, da sowas auch bei anderen Pflanzen vorkommt (z. B. Kartoffelknollen). Ich habe einige dies bezügliche Kulturversuche mit Blättern von *Scapania paludicola* und *Lophozia porphyroleuca* ausgeführt (näheres über die praktischen Details siehe S. 19). Bei Kultur in mit Wasserdampf gesättigtem hellen Raume, aber ohne Zugang zu flüssigem Wasser starben allerdings viele Blätter, welches wohl hauptsächlich ungünstigen Nebenumständen zuzuschreiben ist, aber einige blieben doch am Leben und zeigten deutliche Keimung, welche sich durch das Auftreten mehrerer charakteristischer Zellteilungen kundgab. (Weiterentwicklung der Protonemaanlagen geschah jedoch nicht.) Wasserlose Keimung ist also bei Lebermoosblättern möglich, bei Anwesenheit von Fremdorganismen und Licht und bei normalen Temperaturverhältnissen. — Versuche im Dunkeln habe ich nicht gemacht. Aus den Versuchen von Schostakowitsch (94. S. 378) lässt sich aber schliessen, dass wasserlose Keimung im Dunkeln bei Lebermoosblättern ziemlich ausgeschlossen ist, da diese nicht einmal auf feuchtem Substrate ohne Licht zu keimen scheinen. Aber Thallusstücke von *Pellia epiphylla*, *Fegatella conica* und *Preissia commutata* keimen auch im Dunkeln (l. c. S. 378) auf feuchtem Substrate, wasserlose Keimung ist hier daher vielleicht auch möglich.

Eine selbstverständliche äussere Keimbedingung ist, dass die Konzentration der im Substrate enthaltenen Stoffe nicht zu hoch ist. Von Interesse wäre es etwas über die maximale, Keimung noch erlaubende Konzentration einiger Nährstoffe zu erfahren. Planmässige Untersuchungen hierüber sind nicht ausgeführt worden. Gelegentliche Beobachtungen sind aber wohl gemacht worden (z. B. L a a g e. 07. S. 104), und auch ich kann einige hinzufügen, sowie die Resultate einiger diesbezüglichen Serienkulturen mitteilen. (Über die zu meinen Keimversuchen angewandten Substrate siehe S. 20).

Gegenüber der Nährsalzkonzentration scheinen die verschiedenen Lebermoosarten sich sehr verschieden zu verhalten. Die Mehrzahl der Sporen von *Haplozia caespiticia* keimten überhaupt nicht auf Mineralsalzagar, welches 0.2 % Nährsalze enthielt (Substrat XI). Nur sehr vereinzelt hatten eine Querwand gebildet; sämtliche starben bald. Dagegen erfolgte rasche Keimung in dem Kondenswasser der Probiergläserkulturen mit schiefer Agaroberfläche. — Sporen von *Cephalozia bicuspidata* keimten sämtlich auf dem obigen Mineralsalzagar und sogar auf dem viel konzentrierteren des Substrates XII (Nährsalzgehalt 0.5 %). Ein Zusatz von 0.5 % Traubenzucker (Substr. XIII) wirkte nicht auf das Keimresultat. Ähnlich wie *Cephalozia bicuspidata* verhielten sich auch *Blepharozia ciliaris*, *Sphenolobus Michauxii* und *Pellia epiphylla*. (Die obigen Keimversuche wurden im Mai ausgeführt.) In agarfreien Serienkulturen mit stufenweise Zunehmender Kaliumnitratkonzentration (Substr. IV) lag das Maximum der Keimung für *Sphenolobus Michauxii*-Sporen bei einem Kaliumnitratgehalt von 0.30—0.40 % (Gesamtnährsalzgehalt 0.50—0.54 %). In drei anderen Serien, wo jede Kultur ausserdem Zinksulfat 0.005 % oder Traubenzucker 0.3 %, oder beides zusammen enthielten (Substr. V und VI) war das Resultat dasselbe. (Die Serienkulturen wurden im Juni ausgeführt.) Erwähnung verdient die Tatsache, dass bei der allmählichen Eintrocknung der Nährlösungen viel höhere Kaliumnitratkonzentrationen als das Keimungsmaximum von der wachsenden Pflanze ertragen wurden. Die

Keimungs- und Wachstumsbedingungen sind also nicht identisch.

Von organischen stickstoffhaltigen Nährstoffen wurde u. a. die obere, Keimung erlaubende Konzentrationsgrenze des Peptons untersucht. Sie lag für *Cephalozia bicuspidata*, *Blepharozia ciliaris*, *Sphenolobus Michauxii* und *Pellia epiphylla* bei z:a 1 %. Jedenfalls erfolgte auf Peptonagar, wo der Peptongehalt 1 oder 0.75 % betrug (Substr. XIV, XV, XVI), die Keimung nur vereinzelter Sporen; die Mehrzahl starb bald ohne gekeimt zu haben. Für die Keimung von *Blepharozia ciliaris*, *Sphenolobus Michauxii* und *Pellia epiphylla* wirkte sogar ein Peptongehalt von 0.5 % noch stark ungünstig (Substr. XVII). (Der in diesem Substrate enthaltene Traubenzucker hat nicht auf das Resultat einwirken können, da dieser Stoff in viel höherer Konzentration, über 2 %, ertragen wird. — Des Vergleichs wegen mag erwähnt werden, dass in Keimversuchen mit *Blepharozia ciliaris* Asparagin und Ammoniumtartrat in einer 1-prozentigen Konzentration noch eine sehr günstige Wirkung auf die Keimung ausübten (Substr. XVIII, XIX). Das Maximum lag also hier viel höher als beim Pepton. (Übrigens zeigte es sich, dass diese Stoffe für die obige Pflanze und *Sphenolobus Michauxii* ausgezeichnete Nährmittel sind.) Für *Pellia epiphylla* scheint Asparagin aber ein starkes Gift zu sein; sämtliche Sporen starben bei einem Asparagingehalt von nur 0.25 % (Substr. XX) Ammoniumtartrat (1 %) wirkte dagegen auch hier noch sehr günstig auf die Keimung.

Ausser den obigen Sporenkeimversuchen in absoluten Reinkulturen habe ich Keimversuche mit Lebermoosblättern ausgeführt, worüber ich hier folgendes betreffs der maximalen Mineralsalzkonzentration einiger Arten mitteilen kann. Blätter der *Lophozia ventricosa* zeigten in einer so schwachen Nährsalzkonzentration wie die des Substrates VII eine stark verspätete und abnorme Keimung, zu der ich noch wiederkehren werde. In der mehr konzentrierten Nährlösung des Substrates III starben fast alle Blätter. (Die wenigen, welche am Leben blieben, bildeten nur kümmerliche Protonemen und keine Sprosse an diesen.) Offenbar war mit dieser Konzen-

tration das den vorhandenen Beleuchtungs- und Temperaturverhältnissen (diffuses Tageslicht im September und Oktober, Temperatur 15—20° C) entsprechende Maximum schon erreicht. Blätter der *Scapania irrigua*, *Sc. nemorosa* und *Lophoclea minor* keimten auf demselben Substrate (III) vollkommen normal, d. h. wie auf den natürlichen Substraten IX und X. Die der zuerst erwähnten Art wurden auch auf dem viel mehr Kaliumnitrat enthaltenden Substrate II kultiviert, auf dem sie jedoch bald starben. Das Konzentrationsmaximum für die Keimung dieser Art lag also irgendwo zwischen den Konzentrationswerten der beiden Substrate. Das der osmotische Druck des Zellsaftes mit der Nährsalzkonzentration des Substrates III noch lange nicht erreicht wurde, konnte durch Plasmolysierungsversuche mit *Scapania irrigua*-Blättern festgestellt werden (Plasmolyse bei einer Kaliumnitratkonzentration von z:a 2.75 %.)

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

Zu den inneren Bedingungen der Keimung gehört u. a., bei den Keimkörnern der *Sphenolobus Michauxii* und wahrscheinlich auch anderer Arten, die Erreichung eines gewissen Reifeszustandes. Die Reifungsperiode dauert bei den obigen Keimkörnern noch 1—2 Monate nach dem sie von der Mutterpflanze abgefallen sind, und erst nach Überwindung dieser Reifungsperiode kann Keimung eintreten. (Durch Ferriammoniumtartrat 0.005 % kann jedoch die Reifungsperiode ansehnlich verkürzt werden.) Der Zweck dieser langen Reifungsperiode ist wahrscheinlich in der grösseren Verbreitungsmöglichkeit zu suchen. Die von *Servetta* entdeckte Spätkeimung im Winter, geschlossenen Laubmooskapseln entnommener Sporen ist wahrscheinlich durch das Vorkommen einer Winterruheperiode des Sporophyten nebst Sporen zu erklären. Bei den Lebermoospflanzen kommt keine Winterruheperiode vor.

Zu den äusseren, dem Substrate zugehörigen Keimbedingungen gehört u. a. die Anwesenheit eines chemischen Reizmittels, jedenfalls bei gewissen Sporen; in und auf ste-

rilem dest. Wasser können die Sporen der einzigen in dieser Hinsicht untersuchten Lebermoosart *Sphenobolus Michauxii*, nicht einmal im Lichte zum Keimen gebracht werden. Abgetrennte Lebermoosblätter können in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre auch ohne von aussen zugeführtes flüssiges Wasser keimen, wenigstens bei anwesenheit von Fremdorganismen und Licht, welche wahrscheinlich die erforderlichen Reizmittel darstellen. — Die Maximalkonzentration der mineralischen Nährlösungen ist für die Keimung der verschiedenen Arten sehr verschieden — für die Sporenkeimung von *Haplozia caespiticia* und Blattkeimung von *Lophozia ventricosa* z. B. sehr niedrig — aber ihr osmotischer Druck liegt wohl stets weit unter demjenigen des Zellsaftes, während das vegetative Wachstum der Sprosse, wenigstens von *Sphenobolus Michauxii*, auch in Konzentrationen nahe der Plasmolysierungsgrenze stattfinden kann. — Von organischen Stickstoffhaltigen Nährstoffen wird das Pepton von den Sporen der untersuchten Arten in einer Konzentration von 1 % kaum ertragen. Asparagin und Ammoniumtartrat wirkt aber in derselben Konzentration noch sehr günstig auf die Keimung. Eine Ausnahme bildet jedoch Asparagin für *Pellia epiphylla*, welcher Stoff von den Sporen dieser Pflanze nicht mal in 0.25-prozentiger Konzentration ertragen wird.

B. *Über die Lokalisation der Keimung an mehrzelligen Lebermoosteilen.*

Bei den aus einer oder nur ganz wenigen Zellen bestehenden Moosteilen, z. B. Sporen und Keimkörner, beginnen meist sämtliche Zellen auszukeimen. Bei mehrzelligen Teilen pflegen dagegen nicht alle Zellen zu keimen, die Merzahl bleibt, wenigstens äusserlich inaktiv. Dies beruht bekanntlich darauf, dass diejenigen Zellen, welche durch irgend eine Ursache am raschesten zur Protonemaanlegung schreiten können, die Entstehung neuer oder Weiterentwicklung schwächerer schon vorhandener Protonemaanlagen korrelativ hemmen. Womit die Lokalisation dieser bevorzugten

Zellen zusammenhängt, bildet den Gegenstand meiner Untersuchungen.

Die Lokalisation der Keimung an mehrzelligen Lebermoosteilen könnte vielleicht mit folgenden Faktoren in Zusammenhang gestellt werden:

- 1) Anwesenheit besonderer, für die Keimung vorherbestimmter Zellen oder Zellenkomplexe: Nematogene (C o r r e n s. 99), ruhende Sprossanlagen.
- 2) Stattfindende oder überwundene Brutorganbildung.
- 3) Ernährungsverhältnisse.
- 4) Polarer Bau.
- 5) Vor der Keimung eventuell vorhandene Wachstumszonen.
- 6) Alter.
- 7) Individuelle oder Rassenverschiedenheiten.
- 8) Verschiedene äussere Faktoren.

Diesbezügliche Untersuchungen sind auch von anderen Forschern ausgeführt worden (z. B. S c h o s t a k o w i t s c h. 94, K r e h. 09). Namentlich auf die Polarität wurde grosses Gewicht gelegt. Als Untersuchungsmaterial dienten hierbei wahllos über das Substrat ausgetrennte erwachsene Lebermoosteile, meist Stammstücke oder Blätter.

Bei dem eben erwähnten Kulturverfahren mussten aber nicht nur der Einfluss des Alters und von Rassenverschiedenheiten auf die Keimung sondern auch die Keimung der gerade für die Polaritätsfrage wichtigen embryonalen Teile unberücksichtigt bleiben. Um dieses zu vermeiden habe ich in meinen Keimversuchen, welche mit Lebermoosblättern ausgeführt wurden ¹⁾, auch embryonale solche ausgesät, und die Blätter der verschiedenen Individuen, nach dem Alter geordnet, in gesonderten Reihen kultiviert. Den Einfluss der inneren Faktoren (1—7) und teilweise auch denjenigen der äusseren studierte ich auf natürlichen oder diesen gleichwertigen Substraten (I, VIII, IX, X siehe S. 20 u. 21). Die Wirkung verschie-

¹⁾ Einige Resultate dieser Versuche habe ich schon früher mitgeteilt, im Zusammenhange der Brutorganbildung (Buch. 11). Ein Teil von ihnen wird jedoch, der Einheitlichkeit halber, hier wieder aufgenommen.

dener Substrate untersuchte ich auch mit Hilfe künstlicher Kulturunterlagen (Substr. II, III, VII und einige organische) Hierbei pflegte ich anfangs die Blätter desselben Individuums abwechselnd auf zwei oder gar drei Substrate auszusäen, aber später benutzte ich immer nur eine Unterlage für ein und dasselbe Individuum, da die Resultate, bei Anwendung eines reichlichen Materials, auch so mit weniger Mühe mindestens eben so sicher wurden. Gegenstand der Untersuchung waren folgende Arten: *Lophozia quinqueidentata*, *L. ventricosa*, *L. porphyroleuca*, *Lophocolea minor*, *Lophocolea heterophylla*, *Scapania irrigua*, *Sc. nemorosa*, *Sc. helvetica*¹⁾.

Sind ruhende Sprossanlagen oder Nematogene vorhanden, lässt sich natürlich erwarten, dass es diese sind, welche keimen und die Keimung anderer Zellen korrelativ hemmen. Die ersteren kommen bei Moosen am Stämmchen vor, an den Blättern trifft man dagegen nur Nematogene, es sind also nur diese, welche hier in Betracht kommen können. Die Anwesenheit der Nematogene ist bei den Laubmoosen nicht schwer zu konstatieren, da diese sich meist schon äusserlich von den übrigen Zellen unterscheiden (C o r r e n s. 99). Bei den Lebermoosen sind sie aber den übrigen Zellen äusserlich ganz ähnlich (bei den Brutkörpern von *Blasia pusilla* jedoch kleiner); hier kann man also nur durch Versuche ermitteln, ob Nematogene vorhanden sind oder nicht. Zeigen gewisse Moosteile eine mit der Polarität oder Brutorganbildung nicht zusammenhängende, stets streng auf dieselbe Stelle beschränkte Keimung, ist man meiner Ansicht nach berechtigt die dort befindlichen Zellen als Nematogene zu bezeichnen²⁾. Bei *Lophocolea bidentata*, *L. cuspidata*, *Radula complanata* und *Lejeunia serpyllifolia* sah K r e h (09. s. 258 und 259) Keimung nur aus Randzellen, bei *Chiloscyphus polyanthus* und *Lophocolea heterophylla* sowohl aus Rand- als Flächen-

¹⁾ Untersucht wurden im ganzen 241 Individuen und im Mittel z:a 11 Blätter jedes Individuums, also im ganzen z:a 2650 Blätter. — Die meisten Kulturversuche wurden im Herbst und Winter 1910—11 ausgeführt, Ergänzende Versuche im Herbst 1917.

²⁾ K r e h (09. S. 259) scheint den Namen Nematogene nur auf äusserlich differenzierte Zellen zu beschränken. Sonst kann ich mir seine Behauptung nicht erklären, dass Nematogene bei den Lebermoosen fehlen.

zellen. Mit der zuletzt erwähnten Art habe ich neuerdings und mit *Lophocolea minor* schon früher (B u c h 11. S. 35) Keimversuche angestellt und sah Keimung ausschliesslich aus Randzellen. Bei allen diesen Pflanzen sind also die Randzellen Zweifellos Nematogene. Eine schöne Bestätigung dessen bilden die Versuche *Garjeanne's* (13. S. 382), welcher zeigte, dass die Randzellen der von ihm untersuchten *Lophocolea*-Arten (*L. bidentata*, *L. heterophylla*) sich gegenüber gewissen Farbstoffen anders verhalten als die übrigen Blattzellen; sie zeigen also, trotz der äusseren Ähnlichkeit mit den übrigen Blattzellen, eine deutliche innere Verschiedenheit.

Von denjenigen Blättern meiner Kulturen, welche weder randständige Nematogene noch Brutorgane trugen oder getragen hatten, keimten, jedenfalls die jungen, stets an der Basis (*Calypogeja trichomanis*, *Lophozia quinqueidentata*¹⁾, einige Individuen von *L. ventricosa*).

Ein solches Verhalten kann entweder auf die Anwesenheit basaler Nematogene beruhen oder mit anderen inneren Ursachen zusammenhängen. Dass die erste Ursache wahrscheinlich nicht in Frage kommt hat schon *Kreh* (09. S. 256) gezeigt. *Kreh* kultivierte quer tief eingeschnittene Blätter stets basal regenerierender Arten, z. B. *Diplophyllum albicans*. Die Keimung geschah nicht nur an der Blattbasis sondern auch am oberen Rande der Einschnitte, also am basalen Pole. Zu ähnlichem Resultate kam ich durch die Kultur halber Blätter von *Lophozia ventricosa* (siehe B u c h 11. Tabelle, Individ. 38—45): auch die oberen Blatthälften keimten an der Basis. Welche von den inneren Faktoren die basale Keimung hauptsächlich bedingen, soll später diskutiert werden (siehe S. 15—17).

Bei den von mir untersuchten Blättern, welche erwachsene Brutorgane trugen oder getragen hatten (*Lophozia ventricosa*, (B u c h 11. Tabelle), *L. porphyroleuca*, *Scapania irrigua*, *Sc. nemorosa*, *Sc. helvetica*) erfolgte Keimung oft

¹⁾ Nach *Kreh* (09. S. 259) gehören diese Arten zu denjenigen, an deren Blättern die Keimsprosse regellos auftreten. Seine abweichenden Resultate beruhen wahrscheinlich auf starke Heterogenität des Blattmaterials.

dort, wo diese lokalisiert waren oder gewesen waren (die Blattzipfel). Es existierten hier also zwei Keimungszentren, Blattzipfel und -basis. Besonders deutlich war dieses bei *L. ventricosa*, wo die brutorganbildenden Partien klein und scharf umgrenzt waren (siehe Buch. 11. Tabelle, Individ. 1—27). Dasjenige Zentrum, welches durch irgend eine Ursache Vorsprung gewonnen hatte, unterdrückte gewöhnlich korrelativ die Keimung am anderen. Begann die Keimung gleichzeitig an beiden, konnte auch Protonema- und Sprossbildung an beiden eintreten.

Auf den Nahrungsreichtum der Zellen als Bedingung der Keimung legt u. a. *Schostakowitsch* (94) grosses Gewicht, und er erklärt auch die bei der Keimung hervortretende Polarität als eine von der Richtung des Nahrungsstromes beruhende Erscheinung. Diese Anschauung hegt auch z. B. *Goebel* (08). Eine entgegengesetzte Ansicht wird u. a. von *Kreh* (09. S. 256) verteidigt: »Die ausserordentliche Verschiedenheit der Blätter auf der einen Seite, die gleichartige Regeneration auf der anderen Seite, scheint mir ein wertvoller Beweis dafür zu sein, dass die polare Regeneration auf den Eigenschaften des Protoplasmas, auf der Struktur desselben beruht und dass nicht etwa die Menge der gebildeten Assimilate ausschlaggebend ist, wie *Goebel* meint. Man könnte sonst nicht verstehen, warum ein so kleines Blatt, wie das von *Cephalozia bicuspidata*, polar, viel grössere Blätter, z. B. das mindestens 30 mal grössere, von *Plagiochila asplenioides* dagegen nicht polar regeneriert».

Die von *Kreh* als Stütze für seine Ansicht angeführten Gründe scheinen mir jedoch nicht stichhaltig¹⁾. Es ist indess keineswegs ausgeschlossen, dass sich andere bessere Stützen für die *Kreh'sche* Anschauung finden.

¹⁾ Erstens halte ich es noch nicht für festgestellt, dass jüngere Blätter von *Plagiochila* sich nicht ähnlich verhalten wie z. B. bei der ebenfalls kräftigen *Lophozia quinqueidentata* (vergl. S. 13 Text und Fussnote). Zweitens stimmen alle Blätter in *Kreh's* Versuchen betreffs der Richtung des Nahrungsstromes (basalwärts) mit einander überein — wie gross die »Verschiedenheit der Blätter« sonst auch sei —, welcher Umstand »die gleichartige Regeneration« vielleicht erklären könnte.

Es soll nun untersucht werden, ob die basale Keimung mit dem Nahrungsstrom zusammenhängt, oder ob andere innere Ursachen hierbei tätig sind.

Die Keimung an der Basis ganz oder fast erwachsener Blätter und an brutorganetragenden Blatteilen spricht allerdings für einen direkten Zusammenhang zwischen der Keimungslokalisation und der Richtung des Nahrungsstromes, denn nach beiden Stellen ist wahrscheinlich ein Nahrungsstrom gerichtet — zudem geschieht nach der Abtrennung des Blattes in der Basis eine Staung dieses Stromes, was eine Nahrungsansammlung dort zur Folge haben muss —, aber etwas Sicheres kann man mit Hilfe dieses Materials nicht behaupten.

Ein wertvolleres Material Zur Prüfung der Theori liefert die Keimung embryonaler Blätter. In diesen kann nämlich der Nahrungsstrom bei der Abtrennung nicht von der Spreite basalwärts gerichtet sein, sondern muss umgekehrt von der Basis in die Richtung der Blattspitze wandern, da solche Blätter fast ausschliesslich auf die vom Stamme kommende Nahrung für ihr Wachstum angewiesen sind. Besonders deutlich ist dieses bei solchen embryonalen Blättern, welche an ihren Blattzipfeln in Entwicklung begriffene Brutorgane tragen.

In diesem Falle müsste also, gemäss der Theori, die Keimung am apikalen Blattende stattfinden. Sämtliche ganz oder teilweise embryonalen, nematogenlosen Blätter, mit oder ohne Brutorgane, der untersuchten Arten (*Lophozia ventricosa* (B u c h. 11. Tabelle 1—37), *L. porphyroleuca*, *L. quinquedentata*, *Scapania nemorosa*, *Sc. irrigua*, *Sc. helvetica*) keimten aber fast ausschliesslich an der Basis! Die basale Keimung kann also hier nicht mit der im Augenblicke vor und nach der Abtrennung in den betreffenden Teilen vorherrschenden Richtung des Nahrungsstromes zusammenhängen, welcher Umstand auch betreffs der Bedeutung des Nahrungsstromes für die basale Keimung der erwachsenen Blätter starke zweifel entstehen lässt, besonders da die Keimung hier lange nicht so regelmässig an der Basis eintrat,

wie an den embryonalen Blättern, trotzdem ein basalwärts gerichteter Nahrungsstrom vorhanden war.

Es liegt natürlich nahe die basale Keimung dem polaren Bau zuzuschreiben. Man könnte sich indess auch denken, dass sie bei den embryonalen Blättern vielleicht mit den bei diesen an der Basis vorherrschenden Zellteilungen Zusammenhänge. Unerklärt bliebe aber dann, weshalb fast nie Keimung an den sich entwickelnden Brut-Büscheln auftrat, welche ja auch lebhaftere Zellteilungen aufwiesen. Zu dem hörten in den untersuchten embryonalen Blättern sofort nach der Abtrennung sämtliche Zellteilungen und das Wachstum auf; die embryonalen Zellen wurden in ihrer Entwicklung total gehemmt — sogar die Anlage von Zellorganen, wie Chlorophyllkörner und Fettkörper, hörte auf (vergl. B u c h. 11. S. 41) — und gingen ins Dauerstadium über. Erst viel später trat die Keimung ein, welche also auch hier in einer Wiederaufnahme des Wachstums und der Zellteilungen erwachsener Zellen bestand. (Kurz vor der Keimung war also allerdings kein apikalwärts gerichteter Nahrungsstrom vorhanden, aber höchst wahrscheinlich auch kein basalwärts gerichteter.) Die basale Keimung konnte also auch nicht mit den vor der Abtrennung an der Blattbasis vorherrschenden Zellteilungen direkt zusammenhängen. Ein indirekter Zusammenhang könnte aber vielleicht vorkommen; man könnte sich nämlich denken, dass das Plasma der embryonalen Blattzellen, trotz der totalen Entwicklungshemmung, ihren embryonalen Charakter teilweise beibehalten, und zwar um so vollständiger je jünger sie sind, und dadurch im Stande sind die Zellteilungen rascher wieder aufzunehmen.

Konsequenzen dieser Anschauung sind, einerseits dass auch bei den erwachsenen jungen Blättern die jüngsten Zellen, also die basalen, zuerst keimen und andererseits, dass die basale Keimung mit zunehmendem Alter der Blätter sich immer mehr verwischt. In der tat konnte ich dieses bei allen untersuchten Arten konstatieren (siehe z. B. B u c h. 11. Tabelle). Bei der Keimungslokalisation der alten Blätter spielen aber sicherlich auch andere Faktoren eine wichtige

Rolle, denn mit zunehmendem Alter der Blätter zeigten die keimenden Zellen nicht nur eine unregelmässigere Verteilung sondern wurden auch viel zahlreicher ¹⁾. Wahrscheinlich ist der protoplasmatische Zusammenhang geschwächt zwischen den Zellen der älteren Blätter (oder Thallusstücke), wodurch dann auch die korrelativen Hemmungen stark abgeschwächt werden ²⁾.

Verschiedene Individuen derselben Art verhielten sich aber in den Keimversuchen (auch auf demselben Substrate) etwas verschieden; bei einigen waren die Blätter mit unregelmässiger Keimungslokalisation jünger bei anderen älter. Bei aus der Natur direkt gesammelten Pflänzchen trat dieses stärker hervor. An solchen konnte man jedoch nicht mit Sicherheit entscheiden, ob ein nahe dem Scheitel gelegenes Blatt ein niedrigeres absolutes Alter besass als ein tiefer unten gelegenes eines anderen Individuums, da man nicht wusste, wie viele und wie lange Abbrüche im Wachstum (z. B. durch Eintrocknung) vorgekommen waren. Allein auch an denjenigen Sprossen meiner Kulturen, welche, sozusagen unter meinen Augen, ziemlich gleich rasch und ohne Abbruch aufgewachsen waren (alle der Tabelle bei B u c h. 11.), zeigten sich individuelle oder eventuell Rassenverschiedenheiten (vergleiche z. B. die Individuen 1—8 der Tabelle mit 9—17). (Ob Rassenverschiedenheiten wirklich vorliegen kann nur durch Züchtung reiner Linien im Sinne J o h a n n s e n s entschieden werden.)

Von den äusseren Faktoren untersuchte ich u. a. die Wirkung verschiedener anorganischer und organischer Nährlösungen auf die Keimung der Blätter. Auf den künstlichen organischen Substraten (Traubenzucker und Ammoniumtartrat) starben die Blätter schliesslich, da trotz täglichen

¹⁾ Ganz ähnliche Beobachtungen hat V ö c h t i n g (86) an Thallusstücken von *Lunularia* gemacht: während jüngere Stücke nur einen Spross, nach der Forderung der Polarität, am apikalen Ende bildeten, entwickelten ältere mehrere (l. c. S. 372), welche an den ältesten nicht apikal waren (l. c. S. 374).

²⁾ Hiermit hängt es wohl auch zusammen, dass auch nichtabgetrennte ältere, äusserlich noch vollkommen intakte Blätter oder Thalluspartien bisweilen keimen können; der hemmende Einfluss des Vegetationspunktes ist hier wahrscheinlich stark abgeschwächt oder gar aufgehoben.

Umtauschens der Lösungen und trotz der Blattrreinigungsversuche, die auf ihnen schon beim Aussäen festhaftenden Pilzhyphen und Bakterien, bald einen dichten Filz um sie herum bildeten.—Auf dem schon früher erwähnten (vergl. S. 8) anorganischen Substrate VII (siehe S. 21) blieb die Keimung der *Lophozia ventricosa*-Blätter nicht wie normal auf einige basale Zellen beschränkt, sondern konnten verschiedene Keimungsstadien an sehr zahlreichen, über das ganze Blatt zerstreuten Stellen beobachtet werden. (Siehe Buch 11. Tabelle, Individ. 46—55). Diese Erscheinung ist wahrscheinlich auf ähnliche Ursachen zurückzuführen wie bei den oben erwähnten alten Blättern; die Schwächung des protoplasmatischen Zusammenhanges der Zellen war aber, durch den einfluss der künstlichen Nährlösung, eine viel weitgehendere. Blätter von *Scapania irrigua*, *Sc. nemorosa* und *Lophocolea minor* keimten auf demselben Substrate und auf der konzentrierteren Nährlösung des Substrates III wie auf den natürlichen Unterlagen.

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate der Untersuchungen über die Lokalisation der Keimung an Lebermoosblättern.

1) Auch bei den Lebermoosen giebt es Nematogene, d. h. besondere für die Keimung vorherbestimmte Zellen, obgleich sie, mit wenigen Ausnahmen (z. B. Brutkörper von *Blasia pusilla*), äusserlich und ohne Reagenzien von den übrigen Zellen des betreffenden Teiles nicht zu unterscheiden sind (z. B. Blattrandzellen der *Lophocolea*-arten).

2) Die jüngeren Blätter auch solcher Arten, welche nach den Angaben anderer Forscher regellose Keimung aufweisen, keimen an der Basis, und dieses beruht nicht auf die Anwesenheit basaler Nematogene.

3) An Blättern, welche reife Brutorgane tragen oder getragen haben geschieht die Keimung oft an denjenigen Stellen, wo diese lokalisiert sind oder waren.

4) Der Umstand, dass sowohl die jüngeren erwachsenen wie die in embryonalem Zustande abgetrennten Blätter aus-

geprägt basal keimen, obgleich der Nahrungsstrom in beiden Fällen verschieden gerichtet ist, zeigt dass die Richtung des Nahrungsstromes hier keine Bedeutung für die Lokalisation der Keimung hat, und macht es zugleich wahrscheinlich, dass die bei der Keimung und der s. g. Regeneration hervortretende Polarität auch in anderen Fällen von der Richtung des Nahrungsstromes unabhängig ist.

5) Bei den embryonalen Blättern kann die Keimung an der Basis auch nicht direkt mit dort stattfindenden Zellteilungen zusammenhängen, da diese sofort nach der Abtrennung des Blattes aufhören und die Zellen ins Dauerstadium übergehen, aber vielleicht indirekt, indem das Plasma der basalen Zellen den embryonalen Charakter vielleicht eine längere Zeit teilweise beibehält als die übrigen Blattzellen.

6) Mit zunehmendem Alter der Blätter tritt die Keimung an immer zahlreicheren und immer unregelmässiger zertreten Stellen auf, welches wahrscheinlich auf eine allmähliche Schwächung des protoplasmatischen Zusammenhanges der Zellen beruht.

7) Verschiedene Pflanzenindividuen verhalten sich jedoch hierin oft etwas verschieden; bei den einen treten die Unregelmässigkeiten an jüngeren Blättern auf als bei den anderen. Dies könnte auch auf Rassenverschiedenheiten beruhen.

8) Anorganische Nährlösungen schon ziemlich niedriger Konzentration können auch die jüngeren Blätter von *Lophozia ventricosa* derart beeinflussen, dass die Keimung an sehr zahlreichen, unregelmässig zerstreuten Stellen auftritt, was auf eine sehr starke, durch die Nährlösung hervorgerufene Schwächung des protoplasmatischen Zusammenhanges deutet. Bei den anderen untersuchten Arten kommt auch bei höherer Nährsalzkonzentration nichts ähnliches vor.

Technische Angaben über die Keimversuche.

Zu den Versuchen über wasserlose Keimung bei Lebermoosblättern (siehe S. 6). benutzte ich kleine zylindrische Glasgefässe mit geschliffenem Rande. Sie waren etwa zu vier fünftel mit Wasser ge-

füllt. Auf der Wasserfläche schwamm ein trockenes Korkstückchen, welches ein Deckgläschen trug. Auf dieses waren die Objekte ausgesät. Das ganze war mittels einer Glasscheibe und Vaseline luftdicht zugedeckt. Der Luftraum war bei dieser Anordnung der Versuche recht klein, es hatte sich nämlich gezeigt, dass die Blätter in grösseren Räumen bald eintrockneten, infolge der durch zeitweilige Temperaturerhöhungen eintretenden Verdunstung. Durch Kultur bei konstanter Temperatur könnte dieser Nachteil natürlich beseitigt werden.

Für die Keimversuche mit Lebermoosblättern auf feuchten Substraten, wurden teils unglasierte Fajansplatten, teils natürliche Substrate benutzt. (Siehe unten Substr. I—III, VII—X.) Die Anordnung war im ersten Falle folgende: in eine z:a 3 cm hohe Petrischale wurde eine kleine z:a 1 cm hohe Schale verkehrt hineingestellt und auf die letztere zwei Fajansscheiben über einander gelegt. Von der Nährflüssigkeit wurde so viel in die Schale getan, bis sie zur unteren Scheibe reichte. Das ganze wurde mit einer Glaskuppel zugedeckt. Bei der Herstellung der Nährlösungen wurde in den meisten Fällen folgende Grundlösung benutzt: K_2HPO_4 0.8 g, $MgSO_4$ 0.3 g, $CaCl_2$ 0.3 g, $FeCl_3$ Spur auf 1,000 ccm H_2O .

Für die Keimversuche mit Sporen wurden ausschliesslich absolute Reinkulturen hergestellt, wobei teils Agar-agar (2 %) in Probiergläschen (schräge Agaroberfläche) und Erlenmeyerkolben als Substrat diente, teils Nährlösungen in Erlenmeyer kolben. Grundlösung wie oben. (Substr. IV—VI, XI—XXI.)

Verzeichnis sämtlicher zu den Keimversuchen benutzter Substrate.

I. Fajans mit destill. H_2O (wenn unsterilisiert den natürlichen Substraten gleichwertig).

II. Fajans mit Grundl. + KNO_3 2.6 %.

III. » » » + KNO_3 0.1 %.

IV. Eine Serie Nährlösungen in Erlenmeyerkolben (absolute Reinkulturen): a) Grundl. + KNO_3 0.32 %, b) Grundl. + KNO_3 0.34 % u. s. w. bis 0.40 % KNO_3 .

V. Wie IV, aber mit einem Zusatz von 0.005 % $ZnSO_4$ zu jeder Kultur.

VI. Zwei Serien wie IV und V, aber mit einem Zusatz von 0.3 % Traubenzucker zu jeder Kultur.

VII. Fajans durchtränkt mit einer so verdünnten Grundlösung, dass sie enthielt: K_2HPO_4 0.04 %, $MgSO_4$ 0.015 %, $CaCl_2$ 0.015 %, und dazu NH_4NO_3 0.025 %.

VIII—X. Natürliche Substrate (näheres siehe Buch 11. S. 52).

XI. Agar 2 %, Grundl. + KNO_3 0.06 % (absol. Reink.).

XII. Agar 2 %, K_2HPO_4 1.5 g, $MgSO_4$ 0.5 g, $CaCl_2$ 0.5 g, $FeCl_3$ Spur, KNO_3 2.5 g, H_2O 1,000 ccm. (absol. Reink.).

XIII. Wie XII, aber ausserdem 5 g Traubenzucker.

XIV. Wie XII, aber 7.5 g Pepton statt KNO_3 .

XV. Agar 2 %, Grundl. + Pepton 0.75 % (absol. Reink.).

XVI. Agar 2 %, Grundl. + Pepton 1 % (absol. Reink.).

XVII. Agar 2 %, Grundl. + Pepton 0.5 % + Traubenzucker 0.25 % (absol. Reink.).

XVIII. Agar 2 %, Grundl. + Asparagin 1 % (absol. Reink.).

XIX. Agar 2 %, Grundl. + Ammoniumtartrat 1 % (absol. Reink.).

XX. Agar 2 %, Grundl. + Asparagin 0.25 % + Traubenzucker 0.5 % (absol. Reink.).

XXI. Grundl. + KNO_3 0.1 % + Ferriammoniumtartrat 0.005 % (absol. Reink.).

II. Über die inneren Bedingungen der Sprossbildung am Protonema.

(Mit zwei Tafeln).

Für die Protonemaentwicklung aus den Sporen der Gruppe *Jungermaniaceae acrogynae* unterscheidet Goebel (89. S. 16—18) folgende vier Typen, welche, nach meiner Erfahrung, auch für jegliche andere Protonemabildung derselben Gruppe gelten.

1) Es entsteht ein unverzweigter oder verzweigter Protonemafaden.

2) Es entwickelt sich sehr bald eine einschichtige Zellenfläche.

3) Es bildet sich bei der selben Art entweder erst ein Faden oder sofort ein Zellkörper.

4) Es tritt stets von Anfang an ein Zellkörper auf.

Die Charakterisierung des ersten Typus möchte ich darin vervollständigen, dass an dem Zellfaden, in den von mir untersuchten Fällen, durch einige gegen einander senkrechte Teilungen, ein Zellkörper von der gleichen Beschaffenheit wie beim dritten Typus gebildet wird. An diesem Körper entsteht eine dreischneidige Scheitelzelle (Taf. I. Fig. 14, 15), durch deren Tätigkeit erst ein neuer protonemaartiger Körper entsteht und dann, normal sehr bald, ein Spross. Auch Schostakowitsch (94. S. 371) hat einen Zellkörper beobachtet; er sagt: »Bei allen Jungermannien bildet die sich regenerierende (Blatt-) Zelle anfangs einen Zellkörper, ähnlich einem Vorkeim. Aus einer Zelle des Vorkeims geht

die Scheitelzelle der Pflanze (des Sprosses) hervor». Nach seiner Beschreibung wächst dieser Vorkeimkörper ohne Scheitelzelle. Er stimmt also darin mit dem von mir beschriebenen, zuerst entstehenden überein. Aber der mit Scheitelzellwachstum versehene protonemaartige Körper wird wahrscheinlich von Schostakowitsch zum Sprosse gerechnet. (Es kann ja auch sein, dass dieses Protonemastadium manchmal übersprungen wird, obgleich ich es nie beobachtet habe). Dass wir es aber hier nicht mit einem gewöhnlichen blattlosen Sprosstück zu tun haben, sondern mit etwas anderem, was am besten zum Protonema gerechnet werden kann, geht aus folgenden Umständen hervor.

Erstens: die durch die Teilungen der Protonemakörper-scheitelzelle entstandenen Segmente tragen weder Blätter noch Schleimpapillen (z. B. Taf. I. Fig. 16—18 p. Taf. II. Fig. 10 p.). (Die Sprossesegmente tragen fast immer je ein Blatt — bei vielen Arten sind jedoch die ventralen Segmente blattlos. Bei sehr schwachen Sprossen können Blätter anfangs fehlen, aber dann sind statt dessen öfters Schleimpapillen vorhanden.) Zweitens: die Fächerung der Protonemakörpersegmente durch Zellteilungen und folglich auch das Wachstum ist anders als bei den Sprossen. Die Fächerung geschieht nämlich hauptsächlich durch antikline Längswände und perikline Wände, und das Zellwachstum ist gleich stark in allen Richtungen, wodurch der Körper viel stärker in die Breite wächst als in die Länge und öfters tatsächlich breiter ist als die an ihm entstandene Sprossbasis (Taf. I. Fig. 18 p.). (Bei der Fächerung der Sprossegmente überwiegt die Querwandbildung, nachdem die ersten antiklinen Längswände und periklinen Wände entstanden sind, und das Zellwachstum ist bei den meisten Arten stärker bei manchen sogar viel stärker (Taf. I. Fig. 18) in der Längsrichtung des Stammes; das ganze Sprossegment wächst also viel stärker in der Längsrichtung des Stammes als in der Querrichtung.) Drittens: die Aussenwände der Protonemakörper wölben sich öfters in charakteristischer Weise halbkugelig vor (Taf. I Fig. 14—18 p. Taf. II. Fig. 1 und 4—6 p.). Viertens: alle Aussenzellen des Protonemakörpers sind, was die Rhizoidenbildung betrifft, gleich-

gestellt (Taf. I. Fig. 16—18); sie haben m. a. W. keinen ausgeprägt dorsiventralen Bau. (Die Lebermoosspore sind bekanntlich, mit wenigen Ausnahmen, ausgeprägt dorsiventral gebaut und bilden Rhizoiden meist nur an der Ventralseite, entweder am Stamm (Taf. I. Fig. 17) oder, wenn Unterblätter vorhanden sind, oft an diesen).

Von den oben beschriebenen Protonemakörperstadien ist, wie mir scheint, der Körper des vierten Protonematypus abweichend. Ich habe ihn jedoch nicht näher untersucht. Es scheint mir aber wahrscheinlich, dass auch an ihm, vor der Sprossbildung, das mit dreischneidiger Scheitelzelle versehene Körperstadium entsteht. Als Beispiele des ersten Typus nennt G o e b e l (89. S. 16) *Lophocolea*, *Chiloscyphus*, *Cephalozia bicuspidata*. Aus der von S c h o s t a k o w i t s c h (94. S. 354—356) gegebenen Beschreibung der Keimkörnerkeimung bei *Kantia trichomanis*, *Jungermania exsecta* und *J. curvifolia* zu urteilen, gehören auch diese zum selben Typus. Nach der Beschreibung L a m p a's (15) würde hierher auch *Haplomitrium Hookeri* gehören. Ich kann hinzufügen: *Leptoscyphus anomalus* und *Odontoschisma denudatum* (bei beiden Keimkörnerkeimung).

Beispiele des dritten Typus¹⁾ bilden nach G o e b e l *Trichocolea*, *Blepharostoma*, *Haplozia hyalina* und *Lepidozia reptans*. Hierzu kann ich hinzufügen: *Blepharozia ciliaris*, *Lophozia ventricosa* (Keimkörnerkeimung), *L. longidens* (Keimkörnerkeimung), *Sphenolobus minutus* (Keimkörnerkeimung) und *Sph. Michauxii* (Taf. II. Fig. 1 und 4—10).

Als Beispiele des zweiten Protonematypus werden von G o e b e l *Lejeunia* und *Radula* angeführt. Wahrscheinlich gehören hierher alle Arten der Gruppen *Raduloideae* und *Jubuleae*.

Beispiele des vierten Typus bilden nach G o e b e l *Frullania* und *Porella*.

¹⁾ Die Ursache, weshalb ich nach den Beispielen des ersten Typus die des dritten folgen lasse, ist die, dass diese Typen durch das von mir beschriebene Körperstadium einander sehr ähnlich geworden sind, und es sicher oft schwer fallen wird zu entscheiden, ob ein Protonema zum ersten oder dritten Typus gerechnet werden soll.

(Die Keimung der übrigen Lebermoose (Jungermanniaceae anakrogynæ, Marchantiales und Anthocerotales) habe ich nicht näher untersucht. Aber nach den Angaben in der Literatur zu urteilen (z. B. S c h o s t a k o w i t s c h 94. 358) können wohl die Protonemen der meisten Arten zu Kategorien gerechnet werden, die dem ersten und zweiten der oben beschriebenen Typen sehr ähnlich sind.)

Wie aus dem oben gesagten hervorgeht, können bei den beblätterten Lebermoosen drei Protonemaentwicklungsstadien vorkommen: auf ein Fadenstadium (Typus 1—3) folgt, entweder ein Körperstadium ohne Scheitelwachstum und auf dieses ein solches mit Scheitelwachstum (Typus 1 und 3), oder ein einschichtiges Flächenstadium (Typus 2). (Beim Typus 3 wird das Fadenstadium oft und beim Typus 4 stets übersprungen). Unter »normalen« Lebensbedingungen folgen diese Stadien sehr rasch auf einander und an dem letzten werden sehr bald Sprosse angelegt. Trotzdem sind natürlich auch hier, wie bei anderen Pflanzen, die verschiedenen Entwicklungsstadien von verschiedenen inneren Bedingungen abhängig, welche ihrerseits von den Aussenbedingungen beeinflusst werden (vergl. z. B. G o e b e l. 1908. S. 7). Welcher Art die inneren Bedingungen der Sprossbildung am Protonema der beblätterten Lebermoose sind, soll, wie aus dem Titel dieser Arbeit hervorgeht, hier untersucht werden.

Von den Veränderungen des embryonalen Plasmas beim Übergang von einem Entwicklungsstadium in ein anderes können wir beim jetzigen Stande der Wissenschaft noch nichts ermitteln, aber von den übrigen inneren Bedingungen, welche diese Zustandveränderung des Plasmas veranlassen, kann man vielleicht etwas in Erfahrung bringen. Hauptsächlich dank den zahlreichen Untersuchungen G o e b e l's und K l e b s' ist jetzt die S a c h s'sche Anschauung, dass es sich hierbei um Ernährungsänderungen handele, ziemlich allgemein anerkannt. Nach Ansicht der beiden obigen Forscher wird der Übergang von einem »niedrigeren« Entwicklungsstadium in ein »höheres« wahrscheinlich durch quantitative Veränderungen der inneren Ernährungsbedingungen hervor-

gerufen, welche namentlich in einer Erhöhung der Konzentration organischer Stoffe bestehen.

Es soll hier nun meine Aufgabe sein zu prüfen, ob diese Hypothese auch für die Sprossbildung bei den Lebermoosen angewandt werden kann; ich stelle m. a. W. die Frage auf, hängt die Sprossbildung am Lebermoosprotonema mit einer Erhöhung der Konzentration organischer Stoffe in den Protonemazellen zusammen?

Ob die Konzentration der organischen Substanz in den Protonemazellen hoch oder niedrig ist, kann man in gewissen Fällen, auf Grund der äusseren Lebensbedingungen, theoretisch entscheiden ¹⁾. Wenn z. B. das Protonema in schwachem Lichte oder Dunkel — bei anorganischer Ernährung — aufgewachsen ist, kann man mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dass wenig organische Stoffe in den Zellen vorhanden sind (in Folge der schwachen, beziehungsweise fehlenden Kohlensäureassimilation). Wie sich das Protonema unter solchen Bedingungen verhält, ist schon mehrmals untersucht worden. Die ersten Angaben hierüber stammen von Klebs (93. S. 649). Er erhielt in schwach beleuchteten Kulturen aus Sporen der *Cephalozia bicuspidata*, *Jungermania porphyroleuca* u. a. Lebermoose grosse »verzweigte Fadenknäuel«, welche keine Sprosse bildeten. (Dass diese wirklich dem Fadenstadium entsprachen, scheint mir aber nicht sehr wahrscheinlich.) In Schostakowitsch' (94. S. 357) Versuchen bildeten die Brutkörner von *Aneura*, *Jungermania curvifolia* und *Kantia trichomanis* im Halbdunkel lange Protonemafäden, welche innerhalb 2½ Monaten keine Sprosse angelegt hatten. In der Natur habe ich tief im Innern eines dichten Rasens der *Odontoschisma denudatum* lange Protonema-Fäden ohne Sprosse gefunden, welche aus den Keimkörnern dieser Art entstanden waren. — Einen Fall, wo das Protonema auf dem Flächenstadium weiterwuchs ohne Sprosse hervorzubringen, beschreibt Gobel (07. S. 206), welcher

¹⁾ Ob die theoretisch vorausgesetzte Konzentration wirklich vorhanden ist, ist in keinem Falle durch quantitative Analyse geprüft worden. Solch eine Prüfung dürfte wohl meist auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen.

an Riellakeimscheiben beobachtete, wie (wahrscheinlich in Folge von Lichtmangel) mehrmals nach einander an der Spitze neue Keimscheiben, statt Sprosse, entstanden. — Durch Verschlechterung der Beleuchtungsverhältnisse ist es *Schostakowitsch* (94. S. 358) und *Goebel* (96. S. 447; 07. S. 205) auch gelungen Protonemaflächen zu zwingen zum Fadenstadium zurückzukehren. — Auch bei den Laubmoosen sind grosse sprosslose Protonemen in Schwachlicht- oder Dunkelkulturen erzielt worden (*Klebs* 93. S. 646; *Goebel* 96. S. 461; *Laage* 07. S. 107; *Servetta* z. 13. S. 157; *Ubisch* 13. S. 546). — Bei den Lebermoosen ist es, meines Wissens, noch niemandem gelungen Sprosse zu zwingen wieder zum Protonemastadium zurückzukehren und bei den Laubmoosen ist dieses nur mit solchen Sprossvegetationspunkten gelungen, welche vor kurzem am Protonema angelegt worden waren (*Goebel* 96. 464; *Servetta* z 13. S. 161). (Die von *Goebel* [96. S. 467] beobachtete Entwicklung von Protonema aus der Scheitelzelle eines Schistostegasprosses, ist etwas prinzipiell anderes, da der betreffende Spross, wie auch *Goebel* [l. c.] zugiebt, schon ausgewachsen war, und die Scheitelzelle nicht mehr als solche funktionierte; wir haben es hier mit einer sogenannten Regenerationserscheinung zu tun, wobei eine schon ins Dauerstadium eingetretene Zelle auskeimt).

Das Verfahren, durch Lichtmangel oder -ausschluss auf die Konzentration der organischen Substanz in den Zellen einzuwirken, ist aber für unsere Frage sehr wenig geeignet; hat doch das Licht neben der photosynthetischen auch manche andere, namentlich formative, Wirkungen, deren Ausbleiben gänzlich unberechenbare Folgen für die Kulturobjekte haben können. In den obigen Protonemakulturen können wir z. B. nicht wissen, ob das Ausbleiben der Sprossbildung auf eine zu geringe Konzentration der organischen Substanz in den Zellen beruht oder einfach auf dem Fehlen eines genügenden formativen Lichtreizes, wie z. B. von *Klebs* (93) angenommen wird. Für die letztere Deutung spricht der Umstand, dass sogar auf den verschiedensten organischen Nährsubstraten (*Goebel* 96. S. 461; *Laage* 07. S. 107; *Servetta* z.

13. S. 157; U b i s c h. 13. S. 546), wo also eine genügend hohe Konzentration organischer Stoffe entstehen müsste, die Sprossbildung im Dunkel ausblieb. — In gleicher Weise für unsere Frage unzweckmässig ist die Beeinflussung der inneren Bedingungen durch niedrige Temperatur, wodurch es S e r v e t t a z (13. S. 159) gelang die Sprossbildung an dem Protonema von *Phascum cuspidatum* zu unterdrücken. — Es muss aber auch zugegeben werden, dass alle die oben geschilderten Kulturversuche nicht direkt zur Beantwortung der uns hier interessierenden Frage ausgeführt wurden, obgleich G o e b e l (08. S. 17) ihnen hierin einen gewissen Grad von Beweiskraft zuerkennt, wenn man ähnliche Resultate bei normaler Beleuchtung (und Temperatur) erzielen könnte.

Aus den obigen Gründen ist es also für unsere Frage zweckmässiger Individuen zu wählen, welche bei n o r m a l e r B e l e u c h t u n g u n d T e m p e r a t u r aufgewachsen sind. Hier seien nun einige Fälle beschrieben, wo diese Bedingungen erfüllt sind und wo zugleich die Ernährungsverhältnisse derartige sind, dass sie Schlüsse betreffs der Konzentration, und in gewissem Grade auch Qualität, der organischen Stoffe in den Zellen zulassen. Der Übersichtlichkeit halber werden sie hier in drei Kategorien geteilt: 1) Kulturen auf natürlichen Substraten, 2) Absolute Agarreinkulturen, 3) Absolute Leitungswasserreinkulturen.

Kulturen auf natürlichen Substraten. Durch zahlreiche Keimversuche bin ich zu der folgenden, (schon von G o e b e l angedeuteten) allgemeinen Regel gekommen betreffs der Protonemaentwicklung und Sprossbildung am Protonema: das aus wenigzelligen Teilen (z. B. Sporen, Keimkörner, Blattfragmente) entstehende Protonema bildet (beim Protonematomyphus 1—3, siehe S. 22) öfters zuerst das Fadenstadium aus, dann das Flächen- oder Köperstadium und dann erst Sprosse, während an mehrzelligen Moosteilen (z. B. abgetrennten Blättern) normal das Fadenstadium übersprungen wird und die Sprossbildung viel rascher eintritt. K l e b s (93. S. 648). hat auch bei den Laubmoosen ähnliches beobachtet; das aus Sporen von *Funaria hygrometrica* entwickelte Protonema kommt nicht so rasch zur Sprossbildung wie das am abge-

trennten Blatte entstandene. Diese Tatsachen hängen wahrscheinlich damit zusammen, dass das Protonema in dem einen Falle weniger organische Nahrung erhält als in dem anderen, denn normal entstehen auch an grösseren Lebermoosteilen nur an wenigen Stellen Protonemen, denen all die in den betreffenden Teilen vorhandene und später (u. a. durch Kohlensäureassimilation) entstehende organische Nahrung zur Verfügung steht.

Eine Ausnahme bilden die Blätter von *Lophocolea minor*, nicht nur darin, dass bei der Keimung das Protonemafadenstadium entsteht, sondern auch darin, dass die Sprossbildung verspätet wird. Die Ausnahme ist aber nur scheinbar. Bei dieser Art keimen mehr Blattzellen als bei anderen, u. a. weil diese hier wahrscheinlich, wenigstens physiologisch, isoliert sind. (Vergl. B u c h. 11. S. 35. Keimung tritt hier an den erwachsenen Blättern auch ohne Abtrennung ein.) Jedem einzelnen Protonema steht also hier faktisch weniger organische Nahrung zur Verfügung. Jüngere, ganz oder teilweise embryonale Blätter, wo die Zellisolierung noch nicht eingetreten ist, verhalten sich dagegen wie bei anderen Arten. Die obigen, für alle erwachsenen *Lophocolea minor*-Blätter charakteristischen Erscheinungen können ausnahmsweise auch bei vielen anderen beblätterten Lebermoosen (z. B. *Lophozia ventricosa*, *Scapania irrigua*, *Sc. nemorosa*) wahrgenommen werden, aber nur an älteren Blättern. Auch an diesen treten, je älter sie sind desto zahlreichere Protonemen auf, welche um die im Blatte vorhandene Nahrung konkurrieren. Das Protonemafadenstadium habe ich jedoch hier nicht gesehen, wohl aber eine mehr oder minder starke Ausbildung des Protonemakörperstadiums und damit zusammenhängende Verspätung der Sprossbildung.

Bei *Lophozia ventricosa* habe ich jedoch auch an jungen, äusserlich ganz intakten abgetrennten Blättern eine starke Protonemaentwicklung und sehr stark verspätete Sprossbildung beobachtet, und zwar in Kulturen, wo durch den Einfluss mineralischer Nährlösung die Anzahl der Keimpflanzen des Blattes ausserordentlich gesteigert worden war (über die näheren Umstände vergleiche Abt. I. S. 18). Auch

hier ist wahrscheinlich die den einzelnen Protonemen zur Verfügung stehende organische Nahrung zu gering um eine normale Sprossbildung zu erlauben.

Zuletzt seien noch erwähnt einige von G o e b e l (96. S. 463) vorgeschlagene Experimente: er erwartet, dass das an *Funaria hygrometrica*-Blättern nach der Abtrennung gebildete Protonema sich betreffs der Sprossbildung ähnlich verhalten werde (spät eintretend) wie das aus Sporen derselben Art entstandene, »wenn man die *Funaria*-Pflanze vorher unter ungünstigen Bedingungen kultiviert oder wenn man Blätter einer fruktifizierenden Pflanze nimmt«. Mir scheint es jedoch unsicher, ob das erhoffte Resultat wirklich erlangt wird, denn unabhängig davon, ob bei der Abtrennung reichlich Assimilate im Blatte vorhanden sind oder nicht, müsste, meines Erachtens, nach derselben, bei fortdauernder Kohlen säureassimilation, eine Sättigung in Bezug auf diese Stoffe eintreten, durch den Mangel an Ableitung, sodass der Gehalt an organischen Stoffen stets gross sein müsste, wenn die Protonemaentwicklung beginnt. Will man zuverlässige Resultate erhalten, so muss man also auch zusehen, dass der Hungerzustand des Blattes auch nach der Abtrennung möglichst erhalten bleibt. Ich schlage folgende Anordnung des Experiments vor: Blätter von Pflanzen, welche durch einige Tage Dunkelhaltung ausgehungert worden sind, werden sofort nach der Aussaat mit Stanniolplättchen zugedeckt, bis auf einen geringen Flächenabschnitt, wo normal die Protonema-bildung einzutreten pflegt (bei den meisten Lebermoosarten die Blattbasis). Parallelkultur: Blätter ebenso behandelte Pflanzen werden in gleicher Weise, aber unbedeckt, kultiviert. Ausgeführt habe ich es jedoch leider nicht.

Absolute Agarreinkulturen. Diese Versuche wurden (im Mai 1909) folgendermassen ausgeführt. Es wurde eine Mineralsalzarlarlösung A, und vier auch organische Stoffe enthaltende Agarlösungen B—E hergestellt:

A. Agar-agar 2 %, KNO_3 0.12 %, $K_2H . PO_4$ 0.08 %, $MgSO_4$ 0.03 %, $CaCl_2$ 0.03 %, Fe_2Cl_6 Spur.

B. 0.50 % Traubenzucker, sonst wie A.

C. 0.50 % Traubenzucker und 0.1 % Pepton statt KNO_3 , sonst wie A.

D. 0.50 % Traubenzucker und 0.25 % Asparagin statt KNO_3 , sonst wie A.

E. 0.50 % Traubenzucker und 0.25 % Ammoniumtartrat statt KNO_3 , sonst wie A.

Die sterilen Lösungen wurden in sterile, mit Wattepfropf versehene Probierringläschen eingefüllt und diese so aufgestellt, dass die erstarrende Agarfläche stark schräg wurde. Auf dieses Substrat wurde den 19 und 20 Mai reines, d. h. von anderen Organismen freies ¹⁾, Sporenmateriale von *Sphenobolus Michauxii* über die ganze Fläche ausgesät. Die Kulturen wurden an einem sonnenfreien Nordwestfenster des botanischen Institutes so aufgestellt, dass die Agaroberfläche fast horizontal lag, mit einer kleinen Neigung gegen das Fenster ²⁾.

Für die richtige Beurteilung der Entwicklungsweise der Pflanzen in solchen Kulturen ist auch die Kenntniss der physikalischen Bedingungen wichtig, welche nach der Herstellung im Kulturgefäß entstehen. Trotzdem die Luft mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist, sodass eine Welkungsgefahr während der ersten 6—8 Monate nicht in Frage kommt, geschieht eine allmähliche Wasserverdunstung durch den Wattepfropf. Hierdurch verliert das Agar Wasser, und zwar am raschesten die dünnste Schicht in der Nähe der Probierringläschenmündung. Die hier wachsenden Pflanzen fangen daher zuerst an durch die erschwerte Wasseraufnahme zu leiden, und in dem Masse wie die Eintrocknung weiter fortschreitet, auch die tiefer nach innen gele-

¹⁾ Solch ein Sporenmateriale erhält man leicht folgendermassen: die reifen, ungeöffneten Kapseln werden auf dem Rande eines sterilen Gefäßes (Petrischale, Porzellanschale) so aufgestellt, dass die Sporen, wenn die Kapsel sich öffnet, ins Gefäß fallen. Das ganze wird mit einer sterilen Glaskuppel zugedeckt gehalten. Vom Boden des Gefäßes können die Sporen dann leicht mit einem geeigneten sterilen Instrument in die Kulturgefäße übertragen werden.

²⁾ Gleichzeitig mit den Agarkulturen wurden auch agarfreie Kulturen, sonst genau gleicher Zusammensetzung, in Erlenmeyer-Kolben hergestellt und neben die ersteren aufgestellt. Ich erwähne diese Kulturen hier, weil sie später in die Diskussion hineingezogen werden sollen.

genen. Weil der Wassermangel in den Pflanzen so sehr allmählich eintritt, wird das Wachstum nicht plötzlich sistiert, sondern kann noch recht lange fort dauern. In solchen Kulturen wie A (siehe S. 30), wo das Substrat, ausser dem indifferenten Agar, keine organischen Stoffe enthält, werden aber die organischen Synthesen (Kohlensäureassimilation, Eiweissynthesen u. s. w.) der Protonemazellen immer mehr eingeschränkt und dadurch wird höchst wahrscheinlich auch die Konzentration der organischen Stoffe in den Zellen vermindert, was für unsere Frage grade von Wichtigkeit ist, während in solchen wie B—E, wo im Substrat auch organische Stoffe vorhanden sind, die Konzentration dieser Stoffe bei weitem nicht im selben Masse abnehmen kann.

Zwei Wochen nach der Aussaat hatten alle Sporen gekeimt, d. h. wenigstens die erste Querwand gebildet. Die Weiterentwicklung geschah stets nur aus der einen der so entstandenen zwei Zellen und bestand in der Ausbildung eines Protonemakörpers; das Fadenstadium wurde also übersprungen. Wir haben es also hier mit dem dritten Protonematypus zu tun (vergl. S. 22). In der Nähe der Probierringläschenmündung trat nach Erwartung die Wirkung der Eintrocknung des Agars zuerst hervor. Am 18. Juni konnte ich nämlich beobachten, dass die dort befindlichen Protonemaanlagen, infolge von Wassermangel, aufgehört hatten zu wachsen, während die übrigen weiter gewachsen waren. Alle mehr nach innen zu gelegenen hatten auch schon Sprosse angelegt. Auf einem dazwischen gelegenen Gebiete waren die Protonemen noch entwicklungsfähig hatten aber, wenigstens in den Kulturen A und B, keine Sprosse angelegt.

Bei der folgenden Beobachtung, am 18. August, konnte konstatiert werden, dass mehrere Protonemen des obigen Zwischengebietes in den Kulturen A und B zu grossen Protonemakörpern weitergewachsen waren, ohne Sprosse anzulegen, während keine Protonemen der übrigen Kulturen die normale Grösse überschritten hatten sondern bald ihren Vegetationspunkt in einen Sprossvegetationspunkt umgewandelt hatten. Die mehr nach innen stehenden Pflänzchen hat-

ten in allen Kulturen lange, beblätterte Sprosse ausgebildet, die jedoch viel kleinere Blätter trugen als die in der freien Natur aufgewachsenen ¹⁾. Unvergleichlich viel kräftiger in allen Teilen als die übrigen Pflanzen waren jedoch die der Kulturen D und E. (Taf. I. Fig. 6 und 10), darauf folgten die der Kulturen C (Taf. I. Fig. 1). In A und B waren sie am schwächsten (Taf. I. Fig. 4, 5). (Die Pflanzen aller Kulturen waren in die Lichtrichtung eingestellt; erhoben sich also fast senkrecht von der Agaroberfläche.) ²⁾.

Aufang Dezember geschah die Schlussuntersuchung und wurden die Abbildungen hergestellt. Die Eintrocknung des Agars war jetzt recht weit vorgeschritten und hatte ihre allmähliche Wirkung auf die Pflanzen ausgeübt; sie musste mit Notwendigkeit schliesslich zur vollständigen Wachstumshemmung sämtlicher Pflanzen führen, von der Mündung des Probiergläschens beginnend und mit den am meisten nach innen gelegenen endigend. Die zuletzt erwähnten besaßen jedoch noch im Wachstum begriffene Vegetationspunkte, als die Untersuchung geschah. Alle Pflanzen waren noch am Leben und turgeszent.

¹⁾ In den Kulturen A und B wurden auch mehrere blattlose und sogar schleimpapillenfreie Sprosse aufgefunden (Taf. II. Fig. 9). Aus der Figur ist ohne weiteres ersichtlich, dass wir es hier mit einem blattlosen Sprosse zu tun haben und nicht etwa mit einem Protonemakörper (über die näheren Unterschiede zwischen diesen Gebilden vergl. auch S. 23). Dieser Spross unterscheidet sich nämlich von den beblätterten Sprossen derselben Kultur (vergl. Taf. II. Fig. 10) durch nichts anderes als die etwas geringere Zellenzahl der Segmente und das Fehlen der Blätter, er ist also ein blattloser Stamm. Weshalb grade dieser Spross keine Blätter produzierte, hängt wohl damit zusammen, dass er etwas beschattet wurde (er stammt von einer Stelle der Kultur, wo die Individuen etwas dichter standen). Es erscheint nämlich recht plausibel, dass eine geringe Beschattung, bei den sonst so ungünstigen Lebensverhältnissen, schon dahin wirken konnte, dass die Blattbildung ausblieb; hatten doch die vollbeleuchteten, etwas kräftigeren Nachbarindividuen schon stark reduzierte Blätter.

²⁾ In den agarfreien Kulturen gleicher Zusammensetzung (siehe S. 31, Fussnote) waren die Pflanzen durchgängig kräftiger als in den entsprechenden Agarkulturen. Die Abstufungen waren aber von Kultur zu Kultur dieselben d. h. die Pflanzen in E und D (Taf. I. Fig. 8) viel kräftiger als in C, diese wieder kräftiger als in B und A (Taf. I. Fig. 9). In einigen B-Kulturen waren die Pflanzen denjenigen der A-Kulturen an Stärke etwas überlegen.

Der bei der vorigen Untersuchung wahrgenommene Unterschied zwischen den Kulturen A und B einerseits und C—E andererseits, war jetzt noch schärfer. Die grossen Protonemakörper konnten auch jetzt nur in A und B gefunden werden. Zur Sprossbildung waren sie natürlich auch jetzt nicht gekommen (Taf. II. Fig. 8).

Diejenigen Pflänzchen der Kulturen A und B, welche Sprosse ausgebildet hatten, waren so zu sagen wieder zum Protonemastadium umgekehrt; d. h. die Sprossvegetationspunkte waren in Protonemakörpervegetationspunkte umgewandelt worden, und massige verzweigte Protonemakörper waren an den Sprossenden entstanden (Taf. I. Fig. 4, 5. Taf. II. Fig. 1, 9, 10). Diese Körper hatten in den meisten Fällen ihr Wachstum schon eingestellt, und die Zellen ihrer Vegetationspunkte hatten dann mächtige sekundäre Membranverdickungen ausgebildet (Taf. II. Fig. 11).

Die Sprosse der Kulturen C—E waren in keinem Falle zum Protonemakörperstadium umgekehrt, sondern hatten bis zuletzt ihren Sprossvegetationspunkt beibehalten (Taf. I. Fig. 1—3, 6, 7, 10, 11—13). Die Blattbildung war aber vor der schliesslichen Wachstumseinstellung stark gehemmt worden, und die letzten Segmente bestanden nur aus wenigen Zellen (Taf. I. Fig. 2, 11, 12). Diejenigen Sprosse, welche der Probierringlasmündung am nächsten waren, hatten überhaupt nur wenige Segmente ausgebildet und offenbar schon seit ein Paar Monaten ihr Wachstum eingestellt (Taf. I. Fig. 2, 11).

Überblicken wir die Hauptresultate der Agarkulturversuche, so finden wir einerseits eine deutlich positive Antwort auf die Frage, welche wir zu beantworten hatten: unter denjenigen Keimpflanzen, welche die geringste Möglichkeit hatten organische Stoffe in sich zu konzentrieren (A, in der Nähe der Probierringlasmündung), wuchsen viele im Protonemakörperstadium weiter, ohne Sprosse hervorbringen zu können, und diejenigen Keimpflänzchen derselben Kultur, welche Sprosse hervorgebracht hatten (die mehr nach innen gelegenen), kehrten, bei der allmählich sich verringernden Möglichkeit der synthetischen Herstellung organischer

Stoffe, wieder zum Protonemakörperstadium zurück, während in den Kulturen (C—E), wo wahrscheinlich organische Stoffe in grösserer Konzentration in den Zellen vorhanden waren als in A, keine abnorm grossen Protonemen und keine Umkehr der Sprosse zum Protonemastadium vorkam, trotzdem auch hier die Wachstumshemmung bis zum völligen Stillstand des Wachstums gleich allmählich fortschritt. Andererseits können wir auch eine ganz unerwartete Tatsache konstatieren: auf dem Substrate (B), welches Traubenzucker als einzigen organischen Bestandteil enthielt (ausser natürlich Agaragar), verhielten sich die Pflanzen eben so wie auf dem zuckerlosen, rein anorganischen Substrate (A). (Die oben geschilderten Kulturen [C—E] enthielten alle ausserdem organische Stickstoffverbindungen.) Dies kann entweder darauf beruhen, dass der Traubenzucker in die Pflanze überhaupt nicht eindringt, oder darauf, dass er wohl von der Pflanze aufgenommen wird, aber für die Sprossbildung, jedenfalls für sich allein, wirkungslos ist. Die erste Alternative ist sehr unwahrscheinlich, da Traubenzucker, meines wissens, im allgemeinen leicht in die Pflanze eindringt. Es bleibt also nur die zweite Möglichkeit. Wir kommen also zu dem Schlusse, dass es bei der Sprossbildung am Protonema der Versuchspflanze wahrscheinlich nicht auf die Konzentration der Kohlehydrate allein ankommt, sondern auch oder ausschliesslich auf die Konzentration der organischen Stickstoffverbindungen in den Zellen¹⁾. Die Sachlage wäre dann hier eine wesentlich andere als für die Blütenbildung der Phanerogamen — diese bezeichnet ja auch ein »höheres« Entwicklungsstadium — allgemein angenommen wird (vergl. z. B. Klebs [18. S. 128] und die dort angegebene Literatur); bei dieser legt man gerade auf die Konzentration der Kohlehydrate das Hauptgewicht.

¹⁾ Durch ergänzende Versuche könnte vielleicht noch untersucht werden, ob auch, wie höchst wahrscheinlich ist, alle Zuckerarten, wie der Traubenzucker, auf die Sprossbildung der Versuchspflanze wirkungslos sind, und ob die organischen Stickstoffverbindungen, wie zu erwarten ist, für sich allein die beschriebene, die Sprossbildung fördernde, Wirkung ausüben, oder ob auch die Anwesenheit von Zucker im Nährsubstrat hierzu nötig ist.

Wie wir sehen (vergl. S. 33) waren die Sprosse derjenigen Substrate, wo die Bedingungen der Sprossbildung aufgehoben werden konnten (A und B), und der entsprechenden agarfreien Kulturen, die am wenigsten kräftig entwickelten meiner Kulturen. Dies ist gewiss kein Zufall. Wahrscheinlich ist der Stickstoff des in den obigen Substraten als einzige Stickstoffquelle dienenden anorganischen Nitrates schwerer assimilierbar als der organisch gebundene Stickstoff ¹⁾, und es erfolgt deshalb eine zu geringe Konzentration organischer Stickstoffverbindungen in den Zellen, um eine kräftige Entwicklung zu erlauben. (Ausserdem war das Stickstoffprozent dieser Kulturen [A und B] mehr als die Hälfte kleiner als in D und E.) Wenn dem so ist, musste also die Konzentration der organischen Stickstoffverbindungen in den Sprosszellen der obigen Substrate (A und B), schon bevor die Wirkung der Eintrocknung des Agars sich zeigte, niedriger gewesen sein als in den mit organisch gebundenem Stickstoff ernährten (C—E), welcher Umstand, gemäss unserer neuen Sprossbildungshypothese, später um so sicherer zur Umkehr zum Protonemastadium (in A und B) führen musste. Hierdurch können wir auch den scheinbaren Widerspruch erklären, der darin liegt, dass diese Umkehr hier sogar bei den kräftigsten Sprossen (Taf. I. Fig. 4) geschah, während nicht ein mal die kleinsten und schwächsten mit organisch gebundenem Stickstoff ernährten Sprosse (Taf. I. Fig. 2), (welche

¹⁾ Man könnte sich z. B. sehr wohl denken, dass in der freien Natur eine Art symbiotisches Verhältniss zwischen Pilzen oder Bakterien und vielen Lebermoosen, (vielleicht auch Laubmoosen) besteht, welches den letzteren die Beschaffung organischer Stickstoffverbindungen ermöglicht. Es giebt in der Tat mehrere Lebermoose, welche Pilzhypen in ihren Rhizoiden beherbergen (vergl. z. B. Paul. 16. S. 52—59 und Servetta z. 13. S. 214). Natürlich könnte man sich aber denken, dass es vielleicht auch andere anorganische Stickstoffquellen gäbe, deren Stickstoff leicht assimilierbar ist. Ziemlich die einzige welche in Betracht kommen könnte, ist das anorganisch gebundene Ammonium. Vergleichende Kulturversuche in Nährlösungen, von welchen die einen KNO_3 die anderen $KNO_3 + NH_4NO_3$ als Stickstoffquelle enthielten, zeigten jedoch, dass das Ammonium keine kräftigere Entwicklung hervorruft, eher umgekehrt. Der anorganisch gebundene Ammoniumstickstoff ist mit a. W. nicht leichter assimilierbar als der anorganisch gebundene Nitratstickstoff.

in Blattanzahl und Grösse den ersteren bedeutend unterlegen waren), ähnliche Erscheinungen zeigten: die für die Weiterentwicklung in Sprossform notwendige Minimalkonzentration organischer Stickstoffverbindungen wurde, unabhängig von der zufälligen Stärke der Individuen, bei anorganischer Stickstoffernährung, (in A und B) beim Eintritt des allgemeinen Nahrungsmangels (durch die Eintrocknung des Agars) zuerst unterschritten, bei organischer Stickstoffernährung (in C—E) dagegen erst zuletzt, als der Wachstumsstillstand, durch den Mangel der übrigen Stoffe, schon eingetreten war. Hierin liegt wohl auch die Erklärung, weshalb die Versuche, nur durch Lichtverminderung beblätterte Moosspore zur Umkehr zum Protonemastadium zu veranlassen, misslangen (vergl. S. 27); es kommt nämlich hierbei nicht nur auf eine allmähliche »Abschwächung« (G o e b e l. 08. S. 19) der Spore an, sondern wie gesagt, wahrscheinlich hauptsächlich auf eine Verminderung der Konzentration der organischen Stickstoffverbindungen in den Zellen.

Absolute Leitungswasserreinkulturen. Diese Versuche wurden im Jahre 1912 ausgeführt. Als Nährlösung benutzte ich einfach Leitungswasser. Aus allen Analysen geht hervor, dass wir es hier mit einer ausserordentlich verdünnten Lösung zu tun haben, die namentlich arm an Stickstoffverbindungen ist. (Gemäss einer offiziellen Analyse war der Stickstoffgehalt 1 mg pro l.). Wahrscheinlich löste sich dann noch während der Versuchszeit etwas Alkali aus der Glaswand der Versuchsgefässe. Es wurden folgende Substrate in Erlenmeyerkolben hergestellt.

F. Ein aus der Nährlösung herausragender Stapel kleiner ausgeglühter und gut ausgelaugter Fajansplatten.

G. Ein aus der Nährlösung herausragendes Flaschenkorkstückchen, welches vorher in konzentrierter Schwefelsäure gelegen hatte und dann gut ausgelaugt worden war.

H. Nur Nährlösung, aber mit einem Zusatz von 2 % Traubenzucker.

I. Nur anorganische Nährlösung.

K. Ein aus der Nährlösung herausragendes Kiefernholzstückchen.

Auf die sterilisierten Substrate wurde Ende Mai vollkommen reines (keine anderen Organismen enthaltendes) Sporenmateriale von *Sphenolobus Michauxii* ausgesät und die Kulturen den Sommer über, am selben Fenster aufgestellt, wie früher die Agarkulturen (siehe S. 31). Den folgenden Herbst wurden sie flüchtig untersucht: alle Pflänzchen waren lebhaft grün, aber ausserordentlich klein, namentlich im Vergleich mit den in der Natur während derselben Zeit aufgewachsenen Sprossen. Die Kulturen trockneten allmählich im Laufe des Herbstes ein und wurden in diesem Zustande aufbewahrt. Die näheren Untersuchungen und die Zeichnungen wurden erst im Februar 1919 ausgeführt. Die Pflanzen waren dann natürlich schon längst tot und hatten ihre grüne Farbe verloren, waren aber sonst gut erhalten und liessen sich leicht aufweichen, einige jedoch erst durch kochen in jodhaltiger Milchsäure.

In *F* waren massige Protonemakörper entstanden (Taf. II. Fig. 5), welche jedoch später teilweise zur Sprossbildung übergegangen waren (Taf. II. Fig. 4, 6). Als das Wasser verdunstet war, war an einigen der schwächeren Sprosse Umkehr zum Protonemastadium eingetreten. — In *G* war Sprossbildung überhaupt nicht eingetreten; nur massige Protonemakörper hatten sich entwickelt (Taf. II. Fig. 3, 7). — In *H* waren anfangs schwache Sprosse an normalgrossem Protonema entstanden. Später war jedoch allgemein Umkehr zum Protonemastadium und massige Protonemaentwicklung erfolgt. — In *I* waren sehr schwache, oft blattlose Sprosse an normalgrossem Protonema entstanden. Keine Umkehr zum Protonemastadium. — In *K* hatten sich kräftige Sprosse an normalgrossem Protonema entwickelt (Taf. II. Fig. 2). Denselben Grad von Kräftigkeit wie in den Kulturen *D* und *E* (Siehe S. 33) und wie in der freien Natur hatten sie indess nicht erreicht.

Ein eingehender Vergleich dieser Kulturen mit den Agarkulturen (Seite 30—35) soll zeigen, ob die Resultate mit einander im Einklang stehen.

Die Konzentration organischer Stoffe in den Pflanzenzellen der Kulturen *F* und *G* ist vergleichbar mit derjenigen

der Kulturen *B* (Siehe S. 35) in der Nähe der Probiertgläschenmündung. In bei den Fällen war die Kohlehydratkonzentration verhältnismässig gross, jedenfalls grösser als in *A* (Siehe S. 35) — wegen der lebhafteren Kohlensäureassimilation (mehr Wasser) in *F* und *G*, und wegen der direkten Kohlehydratzufuhr in *B* —, aber die Konzentration der organischen Stickstoffverbindungen gering, wegen der geringen Stickstoffaufnahmemöglichkeiten. Demgemäss fanden wir auch in *F* und *G*, wie in *B*, übernormalgrosse Protonemen, welche in *F* allerdings Sprosse entwickelt hatten ¹⁾.

Die Pflanzen in *H* sind mit den tiefer im Probiertgläschen der Kulturen *B* (Siehe S. 34) vergleichbar. Im Anfang wären genügend Stickstoffverbindungen vorhanden um eine Sprossbildung an normalgrossem Protonema zu erlauben — zu bemerken ist nämlich, dass die Pflanzen der Kulturen *H* submers waren und daher Nährsalze mit einer viel grösseren Oberfläche aufnehmen konnten als diejenigen der Kulturen *F* und *G*. — Aber sowohl in *H* als in *B* verringerten sich die Nährsalz- und also auch die Stickstoffaufnahmemöglichkeiten durch die sich beständig steigernde (schon im Anfang recht hohe) Konzentration des wasserfesthaltenden Stoffes, hier Agaragar, dort Traubenzucker. Auch in *H* geschah demgemäss, wie in *B*, Umkehr zum Protonemastadium, trotz des sicherlich sehr grossen Kohlehydratgehaltes der Zellen.

Die Pflanzen der Kulturen *I* waren auch submers und hatten also auch eine grosse Nährsalzaufnehmende Oberfläche. Im Gegensatze zu *H* verbesserten sich aber in *I* die Stickstoffaufnahmemöglichkeiten durch die allmähliche Kon-

¹⁾ Letzteres ist so zu erklären, dass in *F*, im Gegensatz zu den Agarkulturen, die Entwicklungsbedingungen der Pflanzen, durch die Konzentrierung der anfangs ausserordentlich stark verdünnten Nährlösung infolge der Verdunstung, sich stetig verbessert hatten, bis der Kolben schliesslich wasserleer und nur das in den Fajansplatten enthaltene Wasser übrig war. Ausserdem ist es wahrscheinlich, dass die Pflanzen aus dem Fajans verschiedene Stoffe herauslösen können. — Die von der Pflanzenoberfläche stattfindende Verdunstung dürfte keinen direkten Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen ausgeübt haben. Die Verdunstung aus dem Kolben geschah nämlich äusserst langsam; diese enthielten etwa 4 ccm Wasser, welches im Laufe von z:a 6 Monaten verdunstete.

zentrierung der anfangs äusserst verdünnten Nährlösung. So konnten denn auch genügende Mengen organischer Stickstoffverbindungen in den Zellen entstehen, um eine Sprossbildung an normal-grossem Protonema zu erlauben und Umkehr zum Protonemastadium zu verhindern.

Die Lebensbedingungen in den Kulturen *K* sind mit denjenigen der Kulturen C—E (Siehe S. 34) einigermaßen vergleichbar. Die kräftige Entwicklung der Pflanzen in *K* beruhte auf die reichlichere Zufuhr, namentlich auch stickstoffhaltiger Nährstoffe aus dem Holze.

Wie ersichtlich stimmen die Resultate der absoluten Leitungswasserreinkulturen mit den übrigen gut überein.

Zusammenfassung der Resultate.

1) Auch bei normaler Beleuchtung und Temperatur kann man grosse sprosslose Protonemen erziehen und Umkehr der Sprosse zum Protonemastadium hervorrufen, unter Kulturbedingungen, wo man annehmen muss, dass die Konzentration der organischen Stoffe in den Zellen herabgesetzt wird.

2) Dieselben Resultate kann man jedoch auch erhalten (wenigstens mit *Sphenolobus Michauxii*) unter Kulturbedingungen, wo man annehmen muss, dass die Konzentration der Kohlehydrate der Zellen hoch wird (z. B. absol. Reink. mit sehr wenig anorganischen Stoffen und viel Traubenzucker), die Konzentration der stickstoffhaltigen organischen Stoffe dagegen herabgesetzt wird.

3) Rasche Sprossbildung am Protonema und keine Umkehr der Sprosse zum Protonemastadium geschieht dagegen unter Kulturbedingungen, wo man annehmen muss, dass die Konzentration der organischen stickstoffhaltigen Verbindungen in den Zellen hoch wird (z. B. in absol. Reink. bei Ernährung mit geeigneten organischen Stickstoffverbindungen wie Asparagin und Ammoniumtartrat).

4) Auf Grund dieses Tatsachenmaterials kann folgende Hypothese aufgestellt werden: Die Sprossbildung am Protonema, wenigstens von *Sphenolobus Michauxii*, aber wahr-

scheinlich auch von anderen Lebermoosen, hängt (bei normaler Beleuchtung und Temperatur) nicht von der Konzentration der Kohlehydrate allein ab, sondern wahrscheinlich hauptsächlich von der Erreichung einer gewissen Konzentration organischer Stickstoffverbindungen in den Zellen; wird diese nicht erreicht, so entstehen auch keine Sprosse, und sinkt die Konzentration dieser Stoffe im Sprossvegetationspunkt unter dieses Minimum, so erfolgt Umkehr zum Protonemastadium.

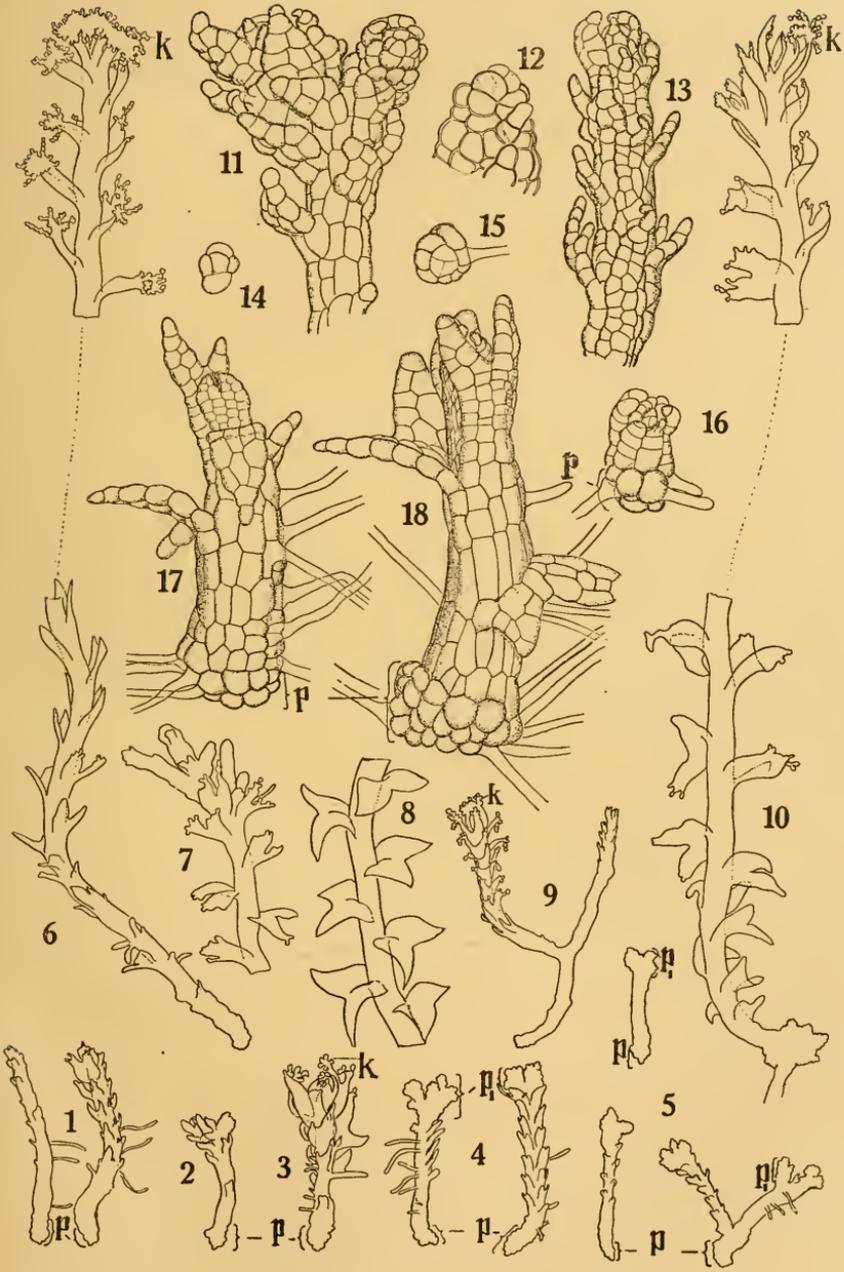
5) Als Nebenresultat sei noch erwähnt: in absol. Reink. von *Sphenolobus Michauxii* werden die Pflanzen bei rein anorganischer Stickstoffernährung nicht so kräftig wie bei organischer. Eine ausserordentlich kräftige Entwicklung rufen namentlich Asparagin und Ammoniumtartrat hervor. Pepton wirkt dagegen nicht so günstig.

Die Experimente wurden zum grössten Teil im Botanischen Institut zu Helsingfors ausgeführt, und möchte ich auch an dieser Stelle dem Vorsteher des Institutes Prof. Dr. Fredrik Elfving meinen besten Dank aussprechen für seine guten Ratschläge betreffs der Herstellung der absol. Reinkulturen.

Literatur zu I und II.

11. *Buch, H.* Über die Brutorgane der Lebermoose (Diss.).
 99. *Correns, C.* Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge.
 13. *Garjeanne, A. J. M.* Die Randzellen einiger Jungermannienblätter. (Flora. CV. [N.F.V.]. S. 370—384.)
 89. *Goebel, K.* Über die Jugendzustände der Pflanzen. (Flora 72. [Neue Reihe 47]. S. 1.)
 96. ——. Über Jugendformen von Pflanzen und deren künstliche Wiederhervorrufung. (Sitzungsberichte d. math.-phys. Classe d. k. Akad. d. Wissensch. Bd. 26. S. 447.)
 07. ——. Archegoniatenstudien XI. Weitere Untersuchungen über Keimung und Regeneration bei *Riella* und *Sphaerocarpus* (Flora 97. S. 192—215.)
 08. ——. Einführung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen.
 43. *Klebs, G.* Über den Einfluss des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. (Biologisches Zentralblatt. 13. S. 641.)
 18. ——. Über die Blütenbildung von *Sempervivum*. (Flora CXI, CXII. [N.F. XI, XII]. [Festschrift zum siebenzigsten Geburtstage von Ernst Stahl]. S. 128.)
 09. *Kreh, W.* Über die Regeneration der Lebermoose. (Nova-Acta Ac. Coes. Leop-Carol. Germ. Nature curiosorum. 90. S. 209.)
 08. *Küster, E.* Aufgaben und Ergebnisse der entwicklungsmechanischen Pflanzenanatomie. (Progressus Rei Botanici. II. Heft 4. S. 482.)
 07. *Laage, A.* Bedingungen der Keimung von Farn- und Moossporen. (Bot. Zentralbl. Beihefte. 21. Abt. 1. S. 76—115.)
 15. *Lampa, E.* Untersuchungen über die ersten Entwicklungsstadien einiger Moose (Oesterr. bot. Zeitschr. LXV. $\frac{7}{8}$ S. 195.)
 16. *Paul, H.* Beiträge zur Oekologie der Lebermoose. (Bryologische Zeitschrift. I. S. 52—59.)
 94. *Schostakowitsch, W.* Über die Reproductions- und Regenerationserscheinungen bei den Lebermoosen. (Flora 79. Ergänzungsband zum Jahrg. 1894. S. 350.)
 13. *Servellaz, C.* Recherches expérimentales sur le développement et la nutrition des mousses en milieux stérilisés. (Ann. Sc. nat. 9 Sér. Bot. Tom. XVII, p. 111—224.)
 13. *Ubisch, G. v.* Sterile Mooskulturen. (Berichte d. Deutschen Bot. Ges. XXXI. 9. S. 543.)
 86. *Vöchting, H.* Über die Regeneration der Marchantien. (Jahrb. für wissenschaftliche Bot. 16. S. 367.)
-

Tafel I.

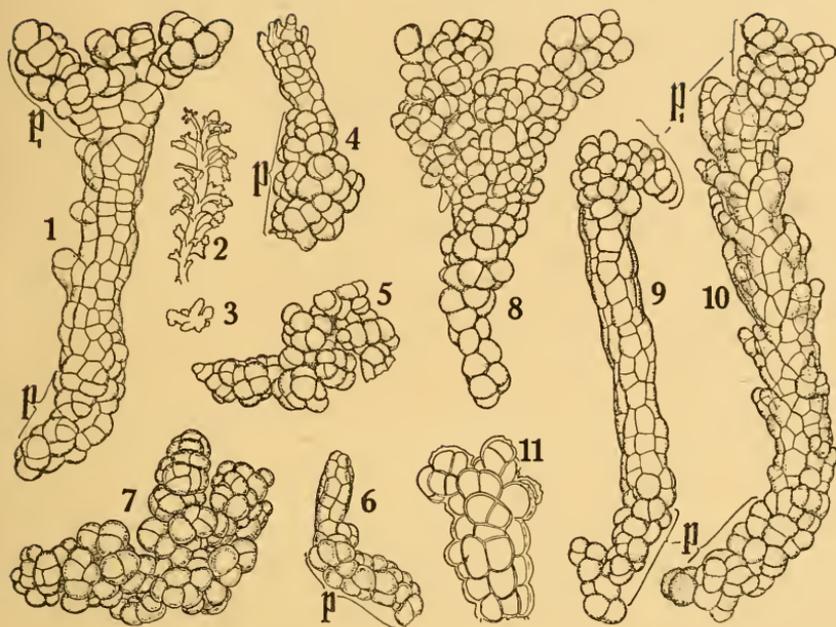


Tafel I.

Ganze Individuen oder Sprosstteile von *Sphenolobus Michauxii* (absol. Reink., alle gleich lange kultiviert) (Fig. 1—13), von *Lophozia porphyroleuca* (Fig. 14—17) und von *Scapania paludicola* (Fig. 18). — k = Keimkörner. — p = aus der Spore direkt entstandenes Protonema. — p_1 = aus dem Sprossvegetationspunkt entstandenes Protonema. — Vergr.: Fig. 1—10 z:a 20, Fig. 11 und 13—18 z:a 120, Fig. 12 z:a 150.

1. Zwei der kräftigsten Pflanzen auf Peptontraubenzuckeragar. — 2, 3. Auf Asparagintraubenzuckeragar in der Nähe der Probiergläschenmündung. Wachstum eingestellt. Keine Umkehr zum Protonemastadium! — 4. Auf Traubenzuckeragar. (Links von der einen Flanke, rechts von der Dorsalseite gesehen. Links 6 Rhizoiden sichtbar.) Pflanzen von den kräftigsten der Kultur. Trotzdem Umkehr zum Protonemastadium! — 5. Auf Mineralsalzagar. Umkehr zum Protonemastadium. — 6, 7. Auf Asparagintraubenzuckeragar. Zwei der kräftigsten Pflanzen. In 7 kurzgliedrige, kleinblättrige Endspresse; Wachstum eingestellt; Keine Umkehr zum Protonemastadium. — 8. Sprosststück (etwa $\frac{1}{5}$ des ganzen Sprosses) in Asparagintraubenzuckernährlösung. — 9. In Mineralischer Nährlösung. Eine der kräftigsten Pflanzen! — 10. Auf Ammoniumtartratagar. — 11. Die obere Hälfte der in Fig. 2 abgebildeten Pflanze. Die Scheitelzelle am rechten Zweige sichtbar. Die jüngsten Blätter nur aus einer Zellreihe bestehend. — 12. Peptonagar. Pflanze fast Blattlos. Sprossscheitelzelle sichtbar. Wachstum fast eingestellt. — 13. Beblätterte Pflanze in Ventralansicht. (Jedes Ventralsegment trägt eine gestielte Schleimpapille.) — 14, 15. An einem abgetrennten und auf Torf kultiviertem Blatte entstandene Protonemakörper. Scheitelzelle in der Mitte sichtbar. — 16. In der selben Weise wie in 14 und 15 entstandener Protonemakörper (p) mit jungem Spross und Rhizoiden. — 17. In derselben Weise wie in 14 und 15 entstandener Protonemakörper (p) mit Rhizoiden auch an der Dorsalseite und einem etwas kräftigeren Spross. (Seitenansicht. Rhizoiden nur an der Ventralseite.) — 18. Wie 17, aber Dorsalansicht. Protonemakörper (p) deutlich breiter als die Sprossbasis. Stammzellen viel länger als Protonemazellen.

Tafel II.



Tafel II.

Sphenolobus Michauxii. Protonema und Sprosse aus verschiedenen absol. Reink. — *p*, *p*₁ und *k* wie in Taf. I. — (Vergr. Fig. 2 und 3 z:a 20, Fig. 1 und 4—10 z:a 120, Fig. 11 z:a 150.)

1. Auf Mineralsalzagar. (Vergl. Taf. I, Fig. 5). (Ventrale Segmentreihe des Sprosstieles sichtbar; nur aus zwei Längsreihen Zellen bestehend.) Endprotonema (*p*) kräftig entwickelt. — 2. Auf Kiefernholz mit Leitungswasser. Beblätterter Spross. — 3. Auf Kork mit Leitungswasser. Nur Protonema! — 4. Auf Fajansplatten mit Leitungswasser. Mächtige Protonemamasse (nur teilweise abgebildet). An dieser ein kleiner, beblätterter, schleimpapillentrager Spross. — 5. Wie 4, aber ohne Spross. — 6. Wie 4, aber Spross blatt- und papillenlos. — 7. Das Protonema der Fig. 3, stärker vergrößert. — 8. Auf Traubenzuckeragar in der Nähe der Probiergläsermündung. Nur Protonema! — 9. Auf Traubenzuckeragar. Am Protonema (*p*) ein blatt-, rhizoiden- und schleimpapillenloser Spross, welcher zum Protonemastadium (*p*₁) wieder umgekehrt ist. (Ventralansicht. Ventralen Sprossegmente unten mit drei bis vier, oben mit

zwei Aussenzellen.) — 10. Wie 9, aber Spross kräftiger und beblättert. (Dorsalansicht.) (Vergl. Taf. I, Fig. 4). — 11. Stück eines auf Traubenzuckeragar entstandenen stammendständigen Protonemas noch stärker vergrößert. Das Wachstum eingestellt und die Aussenzellen stark verdickt (dieses deutlich an den in optischem Durchschnitt, senkrecht gegen die Aussenzellenfläche, abgebildeten Zellen). Links oben jedoch einige Zellen noch dünnwandig.



Druckfehler.

Seite 42. 43. Klebs. Soll sein: 93. Klebs.
 » 45, fünfte Zeile von oben: Sichtbar. Soll sein: sichtbar.
 » » sechste » » » : (p) » » : (p₁).

Über die schlichten Abbildungen des Einheitskreises.

Von

ROLF NEVANLINNA.

Nachdem K o e b e die bemerkenswerten Eigenschaften der schlichten Abbildungen entdeckt hatte, die in seinen Verzerrungssätzen ausgesprochen sind, haben mehrere Autoren sich mit der Frage beschäftigt, welche die genauen Werte der in diesen Sätzen auftretenden Konstanten sind. Die Versuche, die in dieser Hinsicht gemacht worden sind, haben erst dann Erfolg gehabt, als man entdeckte, dass die Verzerrungssätze eng mit gewissen für die Koeffizienten der abbildenden Potenzreihe geltenden Abschätzungen zusammenhängen. Die endgültige Gestalt des Verzerrungssatzes wurde von Herrn P i c k ¹⁾ gegeben; der genaue Wert einer in seinen Formeln auftretenden Konstante wurde später durch die Arbeiten der Herren F a b e r ²⁾ und B i e b e r b a c h ³⁾ festgestellt ⁴⁾.

¹⁾ G. Pick: *Über den Koebeschen Verzerrungssatz* (Berichte der math.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig, Bd. 68, 1916, S. 58—64).

²⁾ G. Faber: *Neuer Beweis eines Koebe-Bieberbach'schen Satzes über konforme Abbildung* (Münchener Sitzungsberichte, 1916).

³⁾ L. Bieberbach: *Über die Koeffizienten derjenigen Potenzreihen, welche eine schlichte Abbildung des Einheitskreises vermitteln* (Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie d. Wiss., Bd. 38, 1916, S. 940—955).

⁴⁾ Weitere Litteratur vgl.:

T.-H. Gronwall: *Sur la déformation dans la représentation conforme* (Comptes rendus, Bd. 162, 1916, S. 249—252).

G. Pick: *Über die konforme Abbildung eines Kreises auf ein schlichtes*

Die folgende Darstellung ist ein Versuch die Verzerrungssätze in möglichst einfacher Weise abzuleiten. Wir fangen mit dem grundlegenden Faber-Bieberbach'schen Koeffizientensatz an, für den wir einen neuen Beweis geben. Unser Beweis zeigt ausserdem, im welchen Maasse die notwendige Faber-Bieberbach'sche Bedingung auch hinreichend ist. Wir gehen dann zur Ableitung der Schrauben für die abbildende Funktion über und zeigen dass eine schon früher von Herrn Bieberbach¹⁾ gefundene Grundungleichung nicht nur unmittelbar die von ihm ermittelte Schranke für $\arg f'(x)$ gibt, sondern vielmehr die ganze Lösung des Verzerrungsproblems enthält, indem auch die von Herrn Pick aufgestellten scharfen Schranken für den absoluten Betrag der Funktion und ihrer Ableitung leicht aus ihr abgeleitet werden können. Als neues Resultat ergibt sich ausserdem die von Herrn Gronwall²⁾ vermutete untere Grenze der Rundungsschranke einer schlicht abbildenden Potenzreihe. Zuletzt geben wir von den gefundenen Resultaten ausgehend einige weitere Abschätzungen, indem wir annehmen dass der Bildbereich innerhalb eines gegebenen Gebietes liegt; als spezieller Fall ergeben sich die von Herrn Pick²⁾ aufgestellten Ungleichungen für eine beschränkte schlicht abbildende Funktion.

I. Ableitung des Koeffizientensatzes.

1. Wenn die durch die Potenzreihe

$$(1) \quad f(x) = x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n + \dots$$

und zugleich beschränktes Gebiet (Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Math.-naturw. Klasse, Abt. IIa, Bd. 126, 2. Heft, 1917, S. 1—17).

P. J. Myrberg: *Über den Verzerrungssatz in der Theorie der konformen Abbildungen* (Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar, Bd. LX, 1917—1918, Afd. A, N:o 7).

L. Bieberbach: *Aufstellung und Beweis des Drehungssatzes für schlichte konforme Abbildungen* (Math. Zeitschrift, Bd. 4, Heft $\frac{3}{4}$, Berlin 1919, S. 295—305).

¹⁾ Vgl. die in Fussnote 4, S. 1 angegebene Arbeit.

²⁾ a. a. O.

definierte Funktion $f(x)$ den Einheitskreis auf ein schlichtes Gebiet G konform abbildet, so bildet die Funktion

$$(2) \quad \psi(x) = \frac{1}{f(x)} = \frac{1}{x} + b_0 + b_1x + \dots + b_nx^n + \dots$$

den Kreis $|x| < 1$ auf einen den Unendlichkeitspunkt enthaltenden ebenfalls schlichten Bereich Γ ab. Hierbei ist

$$b_0 = -a_2, \quad b_1 = a_2^2 - a_3,$$

und allgemein ist b_n eine ganze rationale Funktion von a_2, a_3, \dots, a_{n+2} . Der dem Kreise $|x| \leq r < 1$ entsprechende Teilbereich von Γ wird I_r genannt; die Faber-Bieberbach'sche Bedingung lautet nun, dass I_r für jedes $r < 1$ einen Teil der Ebene freilässt, und dass also der Flächeninhalt dieses Teils einen positiven Wert besitzt. Dieser Flächeninhalt I_r wird im folgenden gesucht.

Setzt man $\psi(x) = Re^{i\phi}$ und $x = re^{i\varphi}$ so erhält man zunächst, wenn γ_r die Randkurve von I_r bezeichnet,

$$(3) \quad I_r = \frac{1}{2} \int_{\gamma_r} R^2 d\Phi = -\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} R^2 \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} d\varphi.$$

Nun ist $\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} = r \frac{\partial}{\partial r} \log R = \frac{r}{R} \frac{\partial R}{\partial r}$, und also wird

$$(3') \quad I_r = -\frac{r}{2} \int_0^{2\pi} R \frac{\partial R}{\partial r} d\varphi = -\frac{r}{4} \int_0^{2\pi} \frac{\partial(R^2)}{\partial r} d\varphi.$$

Ferner ist

$$R^2 = \psi(x) \cdot \bar{\psi}(x) = \frac{1}{r^2} + |b_0|^2 + \dots + |b_n|^2 r^{2n} + \dots + (e^{in\varphi}),$$

wo die Glieder $(e^{in\varphi})$ irgendeinen Faktor der Form $e^{in\varphi}$ ($n \neq 0$) enthalten¹⁾. Hieraus folgt

$$\frac{\partial}{\partial r} (R^2) = -2 \left(\frac{1}{r^3} - |b_1|^2 r - \dots - n |b_n|^2 r^{2n-1} - \dots + (e^{n i \varphi}) \right).$$

¹⁾ Vgl. die in Fussnote 3, S. 1 erwähnte Bieberbach'sche Arbeit (S. 942).

Bei der Integration verschwinden die Glieder ($e^{ni\vartheta}$) und wir erhalten somit

$$(4) \quad I_r = \pi \left(\frac{1}{r^2} - |b_1|^2 r^2 - \dots - n |b_n|^2 r^{2n} - \dots \right).$$

Die Faber-Bieberbach'sche Bedingung besagt nun, dass dieser Ausdruck immer positiv ist, oder also, dass

$$(5) \quad |b_1|^2 r^2 + \dots + n |b_n|^2 r^{2n} + \dots < \frac{1}{r^2}$$

ist für jedes $r < 1$. Daraus folgt, dass die links stehende Reihe auch für $r = 1$ konvergiert, und dass

$$(5)' \quad \sum_1^\infty n |b_n|^2 = |b_1|^2 + \dots + n |b_n|^2 + \dots \leq 1.$$

Dies ist der grundlegende Faber-Bieberbach'sche Flächensatz.

2. Das Bestehen der Ungleichung (5)' ist somit eine notwendige Folge aus der Schlichtheit der Abbildung. Dass diese Bedingung nicht hinreichend ist, zeigt z. B.

die einfache Funktion $\frac{1}{x} + b_0 + \frac{1}{\sqrt{n}} x^n$ ($n \geq 2$), welche der

Bedingung (5)' genügt, den Einheitskreis aber nicht schlicht abbildet. Es entsteht also die Frage, welche nichtschlichten Abbildungen mit der Bedingung (5)' vereinbar sind.

Denken wir zuerst, dass Γ nicht überall schlicht ist, sondern dass dieses Gebiet an einigen Stellen doppelt überdeckt ist; für hinreichend grosse Werte von r gilt dann dasselbe in Bezug auf Γ_r . Bildet man nun das Integral (3), so sieht man, dass die doppelt bedeckten Flächenstücke einen *negativen* Flächeninhalt bekommen. Die Bedingung (5) besagt also für diesen Fall, dass die Summe der Inhalte der doppelt bedeckten Flächenstücke in Γ_r für jedes $r < 1$ kleiner als der Flächeninhalt des von Γ_r freigelassenen Teils der Ebene ist. Sind in Γ gewisse Teile mehrfach, drei-, viermal u. s. w. überdeckt, so bekommen diese Flächenteile in Γ_r sämtlich negative Inhalte und werden ausserdem mehrfach, zwei-, dreimal u. s. w. gezählt. Wir finden somit:

Wenn die Bedingung (5)' besteht, so ist für jedes $r < 1$ die Summe der Flächeninhalte der mehrfach überdeckten Teile von Γ_r immer kleiner als der Flächeninhalt des von diesem Gebiete freigelassenen Teils der Ebene.

3. Wir wollen jetzt nachsehen, welchen Beschränkungen die ersten Koeffizienten der Potenzreihe (1) durch die Bedingung (5)' unterworfen sind. Es muss offenbar

$$(6) \quad |b_1| = |a_2^2 - a_3| \leq 1$$

sein, wo Gleichheit nur dann eintreffen kann, wenn die Koeffizienten b_2, b_3, \dots alle verschwinden. Man erkennt sofort, dass es wirklich schlicht abbildende Funktionen gibt, für welche der letztgenannte Fall zutrifft; setzt man nämlich $b_1 = 1, b_2 = b_3 = \dots = 0$, so erhält man

$$(7) \quad \psi(x) = \frac{1}{x} - a_2 + x.$$

Diese Funktion bildet den Einheitskreis auf die von dem Punkt $-2 - a_2$ bis zum Punkte $2 - a_2$ geradlinig aufgeschlitzte Vollebene ab.

Aus der Bedingung (6) ergibt sich keine obere Schranke für den absoluten Betrag des zweiten Koeffizienten a_2 . Im Gegenteil zeigt das Beispiel (7), dass jeder noch so grosser Wert von $|a_2|$ bei schlicht abbildenden Funktionen (1) vorkommt. Anders verhält die Sache sich, wenn zu der Schlichtheit des Bildbereiches G noch die Forderung kommt, dass dieser Bereich nicht den Unendlichkeitspunkt und der Bereich Γ also nicht den Nullpunkt als inneren Punkt enthalten darf. Diese Annahme ergibt in dem besonderen Fall (7) die Bedingung, dass a_2 reell und dem absoluten Betrage nach kleiner oder höchstens gleich 2 sein muss.

Herr Bieberbach hat gezeigt, dass 2 in der Tat die obere Schranke für $|a_2|$ ist. Er geht von der Bemerkung aus, dass wenn die Funktion (2) den Einheitskreis schlicht abbildet und der Bildbereich den Nullpunkt nicht als inneren Punkt enthält, die Funktion

$$\varphi(\xi) = \sqrt{\psi(\xi^2)} = \frac{1}{\xi} + \frac{b_0}{2}\xi + \dots$$

den Einheitskreis wieder auf ein schlichtes Gebiet konform abbildet¹⁾. Es ist also nach (6)

$$\left| \frac{b_0}{2} \right|^2 = \frac{|a_2|^2}{4} \leq 1$$

oder

$$(8) \quad |a_2| \leq 2,$$

wo das Gleichheitszeichen nur für die Funktion $\varphi(\xi) = \frac{1}{\xi} + \varepsilon\xi$ gilt ($|\varepsilon| = 1$), also nur wenn $\psi(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{x}} + \varepsilon\sqrt{x} \right)^2$ oder $f(x)$ gleich

$$(9) \quad \frac{x}{(1 + \varepsilon x)^2}$$

ist. Der entsprechende Bildbereich S_ε ist für $\varepsilon = 1$ die von $\frac{1}{4}$ bis ∞ aufgeschlitzte Vollebene S .

II. Abschätzung des absoluten Betrages der abbildenden Funktion und ihrer Ableitung, sowie des Arguments der Ableitung. Bestimmung der unteren Grenze der Rundungsschranke einer schlicht abbildenden Funktion.

4. Im folgenden wird angenommen, dass die Funktion (1) innerhalb des Einheitskreises regulär ist oder also, dass der schlichte Bildbereich G den Unendlichkeitspunkt als inneren Punkt nicht enthält. Das Resultat des vorhergehenden Nummers ermöglicht uns dann einige Schlüsse über das Verhalten der Funktion in einem beliebigen Punkt $x = x_0$ des Einheitskreises zu ziehen. Zu diesem Zweck führen wir die Substitution

$$\xi = \frac{x - x_0}{1 - \bar{x}_0 x}, \quad x = \frac{\xi + x_0}{1 + \bar{x}_0 \xi}$$

¹⁾ Dieser Kunstgriff stammt von Faber (a. a. o).

aus, die den Einheitskreis in solcher Weise auf sich selbst abbildet, dass x_0 in den Nullpunkt übergeht. Die Funktion

$$(10) \quad \bar{f}(\xi) = f\left(\frac{\xi + x_0}{1 + x_0 \bar{\xi}}\right) - f(x_0)$$

gibt dann eine schlichte Abbildung des Einheitskreises $|\xi| < 1$, die den Nullpunkt invariant lässt. In der Umgebung dieses Punktes gilt die Entwicklung

$$f(\xi) = (1 - |x_0|^2) f'(x_0) \xi + \frac{1}{2} (1 - |x_0|^2) [f''(x_0) (1 - |x_0|^2) - 2\bar{x}_0 f'(x_0)] \xi^2 + \dots$$

Die Funktion

$$(11) \quad \frac{\bar{f}(\xi)}{(1 - |x_0|^2) f'(x_0)}$$

genügt also den Bedingungen des ersten Abschnitts, woraus nach (8) folgt, dass

$$(12) \quad \left| \frac{f''(x_0)}{f'(x_0)} (1 - |x_0|^2) - 2\bar{x}_0 \right| \leq 4$$

ist ¹⁾. Schreiben wir x statt x_0 und setzen wir $|x| = r$, so ergibt sich durch eine einfache Umformung

$$(13) \quad \left| x \frac{f''(x)}{f'(x)} - \frac{2r^2}{1 - r^2} \right| \leq \frac{4r}{1 - r^2},$$

welche Ungleichung somit für jeden Punkt des Kreises $|x| = r (< 1)$ gilt.

Aus (13) folgt unmittelbar

$$(14) \quad \left\{ \begin{array}{l} -\frac{4r - 2r^2}{1 - r^2} \leq \Re \left(x \frac{f''(x)}{f'(x)} \right) \leq \frac{4r + 2r^2}{1 - r^2}, \\ \left| \Im \left(x \frac{f''(x)}{f'(x)} \right) \right| \leq \frac{4r}{1 - r^2}. \end{array} \right.$$

¹⁾ Vgl. S. 296 der S. 2 zitierten Arbeit von Herrn Bieberbach.

Beachtet man die Gleichungen

$$\Re \left(x \frac{f''(x)}{f'(x)} \right) = r \frac{\partial}{\partial r} \log |f'(x)|,$$

$$\Im \left(x \frac{f''(x)}{f'(x)} \right) = r \frac{\partial}{\partial r} \arg f'(x),$$

so erhält man weiter

$$(15) \quad \left\{ \begin{array}{l} -\frac{4-2r}{1-r^2} \leq \frac{\partial}{\partial r} \log |f'(x)| \leq \frac{4+2r}{1-r^2}, \\ -\frac{4}{1-r^2} \leq \frac{\partial}{\partial r} \arg f'(x) \leq \frac{4}{1-r^2}. \end{array} \right.$$

Durch Integration von 0 bis r findet man hieraus

$$(16) \quad \frac{1-r}{(1+r)^3} \leq |f'(x)| \leq \frac{1+r}{(1-r)^3},$$

und

$$(17) \quad |\arg f'(x)| \leq 2 \log \frac{1+r}{1-r}. \quad ^1)$$

Diese Abschätzungen gelten somit auf dem Kreise $|x| = r < 1$.

Aus der Ungleichung (16) können auch die Schranken für $|f(x)|$ leicht abgeleitet werden. Weil

$$|f(x)| \leq \int_0^x |f'(x)| |dx|$$

ist, so erhält man die obere Grenze unmittelbar durch Integration der rechten Seite von (16). Man zeigt aber leicht, dass eine untere Grenze sich in entsprechender Weise ergibt.

¹⁾ Die in dieser Ungleichung enthaltene Tatsache, welche Herr Bieberbach a. a. O. mit Hilfe der Pick'schen Resultate ableitet, wird von ihm »Drehungssatz« genannt.

Es sei nämlich a die kleinste Entfernung des Nullpunkts von der Bildkurve des Kreises $|x| = r$ oder also das Minimum von $|f(x)|$ auf diesem Kreise, und A ein Punkt der genannten Bildkurve, wo dieses Minimum erreicht wird. Der Strecke von Null bis A , die mit der Bildkurve nur einen Punkt gemeinsam hat, entspricht im Einheitskreise vermöge der Abbildung eine Kurve L , die den Nullpunkt mit dem Kreise $|x| = r$ verbindet, sonst aber ganz innerhalb dieses Kreises liegt. Es ist nun:

$$a = \int_L |f'(x) dx| = \int_L \left| f'(x) \frac{dx}{dr} dr \right| \geq \int_L |f'(x)| dr.$$

Wird hier $|f'(x)|$ durch sein Minimum $m(r)$ auf dem Kreise $|x| = r$ ersetzt, so ergibt sich weiter

$$a \geq \int_L m(r) dr \geq \int_0^r m(r) dr.$$

Diese Ungleichung zeigt, dass man eine untere Grenze für $|f(x)|$ bekommt indem man die untere Grenze von $|f'(x)|$ von 0 bis r integriert, was wir eben behaupteten.

Wir erhalten somit für $|f(x)|$ folgende Schranken:

$$(18) \quad \frac{r}{(1+r)^2} \leq |f(x)| \leq \frac{r}{(1-r)^2}.$$

Für $r = 1$ ergibt sich hieraus $|f(x)| \geq \frac{1}{4}$; der genaue Wert der s. g. Koebeschen Konstante, d. h. der unteren Grenze der kleinsten Randdistanz des Bildbereiches vom Nullpunkte ist also $\frac{1}{4}$.

Wir wollen nun untersuchen, ob die erhaltenen Schranken genau sind. Weil sie durch Integration von 0 bis r aus den Ungleichungen (15) erhalten sind, so können sie nur dann erreicht werden, wenn das betreffende Gleichheitszeichen

in (15) für alle r' ($0 \leq r' \leq r$) gilt. Dies fordert aber, dass für dieselben Werte auch in (12) das Gleichheitszeichen besteht.

Für $x_0 = 0$ ergibt diese Relation aber: $\left| \frac{f''(0)}{f'(0)} \right| = 4$, also $|a_2| = 2$. Hieraus sieht man, dass wenn die Schranken (16), (17) und (18) überhaupt erreicht werden, dies nur bei der von der Funktion (9) vermittelten Abbildung zutreffen kann. Man verifiziert nun unmittelbar, dass diese Funktion in der Tat die Schranken (16) und (18) erreicht, die unteren für $x = \frac{r}{\varepsilon}$, die oberen für $x = -\frac{r}{\varepsilon}$; diese Schranken sind also genau. Dagegen ist die Abschätzung (17) für $\arg f'(x)$ zu weit. Denn die Funktion (9) erreicht sie nicht; nach obigem kann in (17) also das Gleichheitszeichen überhaupt nicht eintreten. Die von Herrn Bieberbach angegebene Funktion

$$\frac{e^{(1+i) \log \frac{1+x}{1-x}} - 1}{2(1+i)}$$

welche den Einheitskreis schlicht abbildet, lehrt jedoch, dass die erhaltene Grenze (17) höchstens doppelt zu gross ist. Für diese Funktion ist nämlich längs der pos. reellen Achse

$$\arg f'(x) = \log \frac{1+x}{1-x}.$$

5. Wir ziehen aus der ersten der Relationen (14) eine weitere Folgerung. Herr Study hat bekanntlich bewiesen, dass die Bildkurve des Kreises $|x| = r$ konvex ist, wenn in jedem Punkt dieses Kreises die Bedingung

$$\Re \left(x \frac{f''(x)}{f'(x)} \right) \geq -1$$

erfüllt ist. Nach der Ungleichung (14) besteht diese Relation nun sicher, wenn

$$\frac{2r^2 - 4r}{1 - r^2} \geq -1$$

oder also $r \leq 2 - \sqrt{3}$ ist. Diese Zahl ist die Rundungsschranke der Funktion (9), und der Wert $2 - \sqrt{3}$ ist somit die genaue untere Grenze der Rundungsschranke einer schlicht abbildenden Potenzreihe ¹⁾.

III. Über schlicht abbildende Funktionen, die gewissen Beschränkungen unterworfen sind.

6. Die Abschätzungen (16) und (18) können auch dann angewandt werden, wenn der schlichte Bereich G der Beschränkung unterworfen wird, dass er innerhalb eines gegebenen einfach zusammenhängenden Gebietes H liegen soll.

Es sei

$$(19) \quad z = f(x) = x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n + \dots$$

die Funktion, welche den Einheitskreis auf G konform abbildet. Wir bilden den gegebenen Bereich H auf den Einheitskreis konform ab, so dass die Nullpunkte sich entsprechen und dass die Ableitung der abbildenden Funktion im Nullpunkt einen reellen *positiven* Wert c_0 bekommt; weil der Bereich H das Gebiet G enthalten soll, und der Abbildungsmodul für $x = 0$ in (19) gleich eins ist, muss $c_0 \leq 1$ sein, wenn eine Abbildung der betrachteten Art überhaupt existieren soll. Ist $c_0 = 1$, so kann G nur mit H zusammenfallen.

Nun bilden wir den Einheitskreis auf das vorhin mehrfach erwähnte Schlitzgebiet ab. Wenn wir noch mit c_0 dividieren, so wird H durch eine Funktion der Form

$$(20) \quad \zeta(z) = z + c_1 z^2 + \dots$$

auf die von $\frac{1}{4c_0}$ bis ∞ längs die reelle Achse aufgeschnittene Ebene konform abgebildet.

¹⁾ Vgl. die in Fussnote 4, S. 1 zitierte Note von Herrn Gronwall.

Wir betrachten nun die zusammengesetzte Funktion

$$(21) \quad \zeta(f(x)) = x + \dots = \bar{f}(x).$$

Sie bildet offenbar den Einheitskreis auf ein schlichtes Gebiet G_1 ab und genügt somit allen Bedingungen des vorigen Abschnitts. Beachtet man, dass $\bar{f}'(x) = \zeta'(z) \cdot f'(x)$ ist, so erhält man folglich nach (16) und (18):

$$(22) \quad \frac{1-r}{(1+r)^3} \leq |\zeta'(z) \cdot f'(x)| \leq \frac{1+r}{(1-r)^3}$$

und

$$(23) \quad \frac{r}{(1+r)^2} \leq |\bar{f}(x)| \leq \frac{r}{(1-r)^2}.$$

Diese Abschätzungen sind nur dann genau, wenn der Bereich G_1 die von $\frac{1}{4}$ bis ∞ aufgeschlitzte Ebene ist. Gehen wir mittels der inversen Transformation von (20) zu der z -Ebene zurück so sehen wir, dass G dann der mit einem Einschnitte versehene Bereich H ist, wobei der Einschnitt der Strecke $\frac{1}{4} - \frac{1}{4c_0}$ der reellen Achse der ζ -Ebene entspricht.

7. Wir wollen zuletzt die Ungleichungen (22) und (23) auf den besonderen Fall anwenden, wo H ein mit dem Radius $R (> 1)$ um den Nullpunkt beschriebener Kreis ist. Es wird dann

$$\zeta(z) = \frac{Rz}{(R + \varepsilon z)^2} \quad (|\varepsilon| = 1),$$

und also

$$\bar{f}(x) = \frac{R^2 f(x)}{(R + \varepsilon f(x))^2},$$

$$\bar{f}'(x) = R^2 \frac{R - \varepsilon f(x)}{[R + \varepsilon f(x)]^3} \cdot f'(x).$$

Man findet somit nach (22) und (23)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{r}{R^2(1+r)^2} \leq \frac{|f(x)|}{|R + \varepsilon f(x)|^2} \leq \frac{r}{R^2(1-r)^2}, \\ \left| \frac{1}{R^2(1+r)^3} \frac{1-r}{R - \varepsilon f(x)} \right| |f'(x)| \leq \frac{1}{R^2} \frac{1+r}{(1-r)^3}. \end{array} \right.$$

Weil diese Relationen für alle ε bestehen, so folgt in dem man abwechselnd $\varepsilon = -e^{-i \arg f(x)}$ und $\varepsilon = e^{-i \arg f(x)}$ setzt:

$$(24) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{r}{R^2} \frac{(R + |f(x)|)^2}{(1+r)^2} \leq |f(x)| \leq \frac{r}{R^2} \frac{(R - |f(x)|)^2}{(1-r)^2}, \\ \left| \frac{1}{R^2(1+r)^3} \frac{1-r}{R - |f(x)|} \right| |f'(x)| \leq \frac{1}{R^2} \frac{1+r}{(1-r)^3} \cdot \frac{(R - |f(x)|)^3}{R + |f(x)|}. \end{array} \right.$$

Aus diesen Ungleichungen ergeben sich leicht untere und obere Schranken für $|f(x)|$ und $|f'(x)|$. So gelten z. B. für $f(x)$ die Ungleichungen¹⁾

$$(25) \quad \left\{ \begin{array}{l} |f(x)| \geq R \frac{(1+r)\sqrt{R - \sqrt{R(1+r)^2 - 4r}}}{(1+r)\sqrt{R + \sqrt{R(1+r)^2 - 4r}}}, \\ |f(x)| \leq R \frac{\sqrt{R(1-r)^2 + 4r} - (1-r)\sqrt{R}}{\sqrt{R(1-r)^2 + 4r} + (1-r)\sqrt{R}}. \end{array} \right.$$

Die Grenzen (24) und (25) können nach dem oben gesagten nur dann erreicht werden, wenn die Funktion (21) mit (9) identisch ist. Man findet in diesem Fall

$$f(x) = e^{-i\alpha} R \frac{(1 + e^{i\alpha} x) \sqrt{R} - \sqrt{R(1 + e^{i\alpha} x)^2 - 4e^{i\alpha} x}}{(1 + e^{i\alpha} x) \sqrt{R} + \sqrt{R(1 + e^{i\alpha} x)^2 - 4e^{i\alpha} x}}.$$

¹⁾ Vgl. S. 15 der in Fuss note 4, S. 1 zitierten Arbeit von Pick.

In der Tat gilt bei der von dieser Funktion vermittelten Abbildung das Gleichheitszeichen in (25) für $x = re^{-i\alpha}$ bzw. $x = -re^{-i\alpha}$. Das entsprechende Bildgebiet ist der von $e^{-i\alpha} R \frac{\sqrt{R} - \sqrt{R-1}}{\sqrt{R} + \sqrt{R-1}}$ bis $e^{-i\alpha} R$ geradlinig aufgeschlitzte Kreis $|x| \leq R$.



Om disjunktionselektromotorisk kraft i den galvaniska ljusbågen.

Af

A. F. SUNDELL.

1. Sällan har någon upptäckt på fysikens område blifvit så diskuterad och kritiserad som den elektromotoriska kraften i den galvaniska ljusbågen och i den elektriska gnistan, hvilken kraft antogs af E r i k E d l u n d på grund af teoretiska betraktelser och talrika experimentella undersökningar 1867—1872. Om denna E d l u n d's upptäckt har skrivits en hel litteratur, innehållande äfven bemödanden att bortförklara denna elektromotoriska kraft. Dock hafva flere fysiker medgifvit dess tillvaro och utfört särskilda undersökningar för att bestämma dess storlek. Ett af de senaste inläggen i denna fråga har gjorts af W. D u d d e l l 1901 och kan betraktas såsom afgörande till förmån för den galvaniska ljusbågens elektromotoriska kraft. Efterföljande uppsats har till ändamål att redogöra för det inflytande, som D u d d e l l's resultat utöfvat på teorin rörande den galvaniska ljusbågen. Häraf kommer att framgå, att man i hufvudsak återkommit till E d l u n d's åskådning. Ett kort referat af D u d e l l's undersökning kan här icke undvaras.

2. Då E d l u n d 1867¹⁾ på vanligt sätt med reostat och tangentbussol bestämde det skenbara ledningsmotstånd-

¹⁾ E. Edlund: Undersökning om den galvaniska ljusbågen. Öfv. af K. Vet. Akad. Förh. 1867, N:o 4.

det r hos en ljusbåge af längden l mellan elektroder af kol eller metall (jern, messing, koppär), fann han formeln

$$r = a + bl, \quad (1)$$

der a och b vid konstant strömstyrka kunde betraktas såsom konstanter. Genom multiplikation med strömstyrkan I får man för den till öfvervinnandet af detta motstånd nödiga potentialdifferensen P formeln

$$P = aI + bII. \quad (2)$$

Termen aI betraktade E d l u n d såsom en emot strömmen riktad (invers) elektromotorisk kraft D , förorsakad af elektrodernas sönderrifning, hvaraf benämningen *disjunktionselektromotorisk kraft*. »Genom det mekaniska sönderdelandet af de fasta polerna uppstår en elektromotorisk kraft, som sänder en ström i motsatt riktning mot hufvudströmmen.»¹⁾ Det till sönderrifningen behöfliga arbetet kompenseras genom en motsvarande nedsättning af strömstyrkan. Enligt denna uppfattning kan således eqv. (2) skrivas

$$P = D + bII. \quad (3)$$

Multiplicerar man ytterligare med I , så framgår det af strömmen i ljusbågen på tidsenheten förrättade arbetet

$$W = DI + bII^2. \quad (4)$$

3. Det är beträffande förra delen DI af detta arbete som fysikernas åsigter hafva varit delade.²⁾ Redan 1872 anmärker G. W i e d e m a n n³⁾, att den mekaniska sönderdelningen af materien är eqivalent med en viss värmemängd, som

¹⁾ Edlund, l. c. sid. 102.

²⁾ En fullständig historik härom intill 1898 finnes i Mrs. Hertha Ayrton's arbete: *The electric arc*, London.

³⁾ G. Wiedemann: *Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus*, 2. Aufl. Bd. I, §§ 716, 717.

alltså försvinner ur den öfriga ledningen, d. v. s. ljusbågen erbjuder en motsvarande tillökning i ledningsmotstånd; termen DI i (4) vore således i likhet med termen bI^2 proportionel med strömstyrkans kvadrat. Le R o u x ¹⁾ deremot betraktade 1881 det starka potentialfallet vid anoden såsom förorsakadt af en termoelektrisk motkraft, medan P e u k e r t ²⁾ 1885 antog jämte en invers elektromotorisk kraft ett öfvergångsmotstånd vid elektroderna och v. L a n g ³⁾ samma år genom en särskild undersökning konstaterade tillvaron af en invers elektromotorisk kraft till fullt belopp.

Mrs. H e r t h a A y r t o n, som på flere ställen i sitt utmärkta arbete öfver den elektriska ljusbågen antager ett öfvergångsmotstånd vid elektroderna, fastställer för ljusbåge mellan kolelektroder formeln

$$P = a + \frac{\gamma}{I} + \left(\beta + \frac{\delta}{I} \right) l, \quad (5)$$

der α , β , γ och δ äro konstanter. En förtjänstfull undersökning utförd under ledning af Prof. H. J. T a l l q v i s t å Fysikaliska institutet vid Helsingfors Universitet af T h u r e L e s c h och M a r t i n S u n d w a l l ⁴⁾ har bekräftat denna formel och utvidgat dess giltighet äfven till ljusbågar mellan en metallektrod och en kolelektrod samt mellan två elektroder af samma metall.

4. Enligt (5) hafva konstanterna i E d l u n d's formel (1) värdena $a = (a + \gamma/I)/I$, $b = (\beta + \delta/I)/I$. Faktorn b representerar ledningsmotståndet i vanlig mening för ljusbågens längdenhet. För starka strömmar vore alltså a och b ungefär omvänt proportionella mot strömstyrkan, hvaremot aI och bI skulle vid svag ström tillväxa med aftagande strömstyrka.

¹⁾ La lumière électrique, 1881, III, sid. 285.

²⁾ Zeitschr. für Elektrotechnik, 1885, 25. Febr.

³⁾ Sitzungsber. der Wiener Akad. XCI, Abth. 2, 1885, April.

⁴⁾ Untersuchungen über die Ayrton'sche Relation für den elektrischen Lichtbogen bei Gleichstrom. Öfv. af F. V. S. förh. LIV, A, N:o 16, 1911—1912.

Detta är äfven förhållandet, såsom följande ur de af *Lesch* och *Sundwall* meddelade eqvationerna beräknade värden utvisa. I kombinationerna nämnes anoden först.

Ström amp.	Kol-kol		Koppar-koppar		Koppar-kol		Kol-koppar	
	<i>aI</i> volt	<i>bI</i> volt/mm	<i>aI</i> volt	<i>bI</i> volt/mm	<i>aI</i> volt	<i>bI</i> volt/mm	<i>aI</i> volt	<i>bI</i> volt/mm
15	—	—	21,7	3,0	18,4	3,2	—	—
13	38,6	2,8	21,9	3,1	19,0	3,3	—	—
11	39,1	2,9	22,0	3,2	19,8	3,4	—	—
9	39,6	3,1	22,3	3,4	20,9	3,6	—	—
7	40,6	3,4	22,7	3,7	22,8	3,8	48,3	3,7
6	41,3	3,6	23,0	3,9	24,2	4,0	48,3	4,0
5	42,2	3,8	23,4	4,2	26,1	4,3	48,3	4,3

Produkten *aI* är större för kolanod än för metallanod; likaså har *bI* ett större värde, om den ena elektroden är af kol, den andra af metall. Medan *aI* endast svagt förändras med strömstyrkan, tilltager *bI* med ungefär en tredjedel, då strömstyrkan aftager från 13 till 5 amp. *E d l u n d* fann *aI* nära oberoende af strömstyrkan, men *bI* mycket starkt tilltagande, då strömmen aftog. Hans försök 1, 2 och 3¹⁾ lemna *bI* = 0,248, 0,612 och 1,273 för strömstyrkorna 1,24, 1,02 och 0,67 enligt tangentbussolen. Starkaste strömmen motsvarade ungefär 4,6 amp.

Genom att innesluta ljusbågen i ett glas- eller järnrör med en kring rörlets axel roterande gaspelöre kunde *G r o t r i a n*²⁾ framställa ljusbågar af ända till 50 c:ms längd för strömstyrkor från 0,1 till 3 amp. Termen *aI* befanns vara oberoende af strömstyrkan och bågens längd, men af betydande storlek (i luft 80 volt för kolelektroder, 60 resp. 62 volt för koppar-, resp. järnelektroder). Termen *bI* var tilltagande vid aftagande strömstyrka och hade per cm storleken $11,4 + 32,6/I$, nära oberoende af elektrodernas material.

¹⁾ *E d l u n d*, l. c. sid. 104—106.

²⁾ *W. Grottrian*: Der Gleichstrom-Lichtbogen grosser Bogenlänge *Ann. Phys.* XLVII, 1915, sid. 141.

För strömstyrkan 3 amp var alltså $bI = 22,3$ volt/cm = 2,23 volt/mm, ett jämförelsevis lågt värde. L e s c h och S u n d w a l l erhöilo för järnelektroder vid samma ström $aI = 20,2$ volt, $bI = 7,6$ volt/mm.

Undersökningar af detta slag visa, att själfva ljusbågen eller den glödande gaspelaren mellan elektroderna kan betraktas ungefär såsom en vanlig ledare endast sålänge strömmen är konstant; förändras strömstyrkan i högre grad, så undergår ock ljusbågen en stark förändring till sin konstitution. Deremot synas kontakterna med elektroderna, af hvilka utan tvifvel termen aI beror, i endast ringa grad vara beroende af strömstyrkan.

5. Att åtminstone en del af arbetet W eqv. (4) i själfva verket har formen DI framgår oemotsägligt först genom D u d d e l l's undersökning af ljusbågen mellan kolektroder ¹⁾. Den experimentela anordningen utgöres af en strömbana innehållande en ackumulator-stapel och en kondensator med vexlande potentialdifferens, emellan hvilka en brygga med ljusbågen är anbragt. Den ström, som underhåller ljusbågen, överlagras sålunda af en svag vaxelström, som bör hafva så hög frekvens, att ljusbågens ledningsmotstånd och elektromotoriska kraft icke på något sätt förändras genom dess inflytande. Den vexlande potentialdifferensen underhålls af en högfrequens-alternator i samma bandel som kondensatorn, med polspänning i det närmaste enligt en enkel sinusfunktion. Innan alternatorn sättes i gång genomlöpes stapelgrenen och bryggan af en konstant ström I , hvarvid kondensatorn har samma potentialdifferens P som bryggans ändpunkter. Alternatorn ökar strömmen i stapelgrenen med en vaxelström I' , som inom kort gestaltar sig till en odämpad sinusström ²⁾ med samma period som strömmen i' i alternatorn, hvarjämte P erhåller en periodisk tillökning p i poten-

¹⁾ W. Duddell: On the resistance and electromotive forces of the electric arc. Philos. Trans. A, Vol. 203. 1903, sid. 305. Ett förberedande meddelande ingår i: Proc. R. S. LXVIII, 1901, sid. 512.

²⁾ Ifr H. j. Tallqvist: Ueber die Elektrizitätsbewegung in Stromkreisen mit veränderlichen Bahnkonstanten. Acta Soc. Scient. Fenn. XXXIV, N:o 5, sid. 50, formlerna (194).

tialdifferens. Enligt Kirchhoff's lag för strömförgrening genomlöpes bryggan af strömmen $I + I' + i' = I + i$, der i är den öfverlagrande vixelströmmen i bryggan.¹⁾ I stället för eqv. (3) träder nu eqvationen $P + p = D + w(I + i) + Ldi/dt$, der w är bryggans ledningsmotstånd och L dess självinduktion. Utesluter man nu stapelströmmen, så gäller för vixelströmmen och elektromotoriska kraften D eqvationen

$$p = D + wi + L \frac{di}{dt} \quad (6)$$

Härvid antages alltså, att Ohm's lag eger sin fulla giltighet oaktadt de hastiga förändringarna i vixelströmmens intensitet. Om T är perioden och n frekvensen för vixelströmmen samt $\rho = \sqrt{w^2 + (2\pi nL)^2}$ bryggans impedans, har man alltså enligt teorin för sinusoidala vixelströmmar

$$\mathcal{P} = \rho \mathcal{I}, \quad \mathcal{P}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt, \quad \mathcal{I}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt, \quad (7)$$

der \mathcal{P} och \mathcal{I} äro de effektiva värdena af p och i . Uppmåter man \mathcal{P} och \mathcal{I} med lämplig voltmeter och ammeter, så kan ρ beräknas och dermed blir äfven w , som innehåller ljusbågens ledningsmotstånd, bekant. Visar det sig nu, att den konstanta potentialdifferensen P är större än den till öfvervinnandet af motståndet w nödiga potentialdifferensen wI , så är ljusbågens inversa elektromotoriska kraft D gifven genom eqvationen

$$D = P - wI. \quad (8)$$

6. Denna kalkyl är korrekt endast ifall motståndet w icke förändras genom inflytandet av vixelströmmen, d. v. s. om w icke är en funktion af tiden. Såsom kriterium i detta

¹⁾ I stapelgrenen var anbragt en stor självinduktion (Duddell, l. c. sid. 312), så att praktiskt taget I' var = 0 eller $i = i'$.

hänseende begagnas vaxelströmmens *effekt* \mathcal{W} i bryggan. På tidsenheten emottager bryggan vid tiden t från vaxelströmmen energin $p_i = Di + wi^2 + Lidi/dt = (D + Ldi/dt) i + wi^2$, eller om självinduktionen kan negligeras, energin $Di + wi^2$. Denna energi består af två delar: en reversibel del Di och en irreversibel del wi^2 . D u d d e l l¹⁾ definierar nu ljusbågens elektromotoriska kraft D såsom förhållandet mellan den reversibla delen och strömstyrkans första dignitet samt dess ledningsmotstånd såsom förhållandet mellan den irreversibla delen och strömstyrkans kvadrat. Vid integrering öfver en period bortfaller den reversibla delen, enär D liksom w antagits konstant, och levererar alltså vaxelströmmen på tidsenheten åt bryggan energin

$$\mathcal{W} = w\mathcal{I}^2 = \frac{w}{\rho} \mathcal{P}\mathcal{I}. \quad (9)$$

Här är alltså ljusbågens elektromotoriska kraft eliminerad. Då nu i D u d d e l l's experiment bryggans självinduktion är reducerad till ett minimum (240 cm), kan man såsom värde på \mathcal{W} antaga produkten $\mathcal{P}\mathcal{I}$. Inverkar alltså vaxelströmmen icke på ljusbågens ledningsmotstånd, så böra \mathcal{W} och $\mathcal{P}\mathcal{I}$ bli lika stora, om man uppmäter \mathcal{W} med Wattmeter samt \mathcal{P} och \mathcal{I} med voltmeter och ammeter, d. v. s. effektfaktorn (»powerfactor») $\mathcal{W}/\mathcal{P}\mathcal{I}$ bör bli lika med enheten. Vid låg frekvens var detta emellertid icke fallet, enär ljusbågens motstånd var föränderligt²⁾, i följd hvaraf mellan elektrodernas potentialdifferens och strömmen i bryggan uppstår en fasskillnad utöfver den af induktansen förorsakade. Vid hög frekvens hos vaxelströmmen befunnos emellertid tillgängliga mätinstrument oanvändbara³⁾, hvarför ifrågasvarande kontroll skedde enligt följande anordning⁴⁾.

¹⁾ D u d d e l l, l. c. sid. 306, 307.

²⁾ Mrs. Ayrton diskuterar förändringen i en ljusbågens ledningsmotstånd vid föränderlig strömstyrka; l. c. sid. 404—410.

³⁾ D u d d e l l, l. c. sid 310.

⁴⁾ W. E. Ayrton and W. E. Sumpner: The measurement of the power given by any electric current to any circuit. Proc. R. S. XLIX, sid. 424.

7. I bryggan insattes i serie med ljusbågen någon del R af en nästan induktionsfri reostat; en särskild sidogren (»the measuring circuit») ¹⁾ kunde förbindas med bryggans ändpunkter, med ljusbågens elektroder eller med ändpunkterna af R . I denna sidogren befann sig en reostat, en kondensator och en termogalvanometer, hvars utslag var proportionellt med kvadraten på effektiva värdet af vaxelströmmen genom sidogrenen. Nu är effektiva värdet af ändpunkternas potentialdifferens proportionellt med sidostrommens effektiva värde, alltså ock med kvadratroten ur termogalvanometers utslag. Om sidogrenens impediment är så stort, att dess anslutning till bryggan eller delar deraf icke märkbart förändrar vaxelströmmen derstädes, så finner man: $\mathcal{P}_R = R\mathcal{I}$, $\mathcal{P}^2 = \mathcal{P}_L^2 + \mathcal{P}_R^2 + 2R\mathcal{W}$, der \mathcal{W} , \mathcal{P} och \mathcal{I} hafva samma betydelse som ofvan art. 6 samt \mathcal{P}_L och \mathcal{P}_R äro de effektiva värdena af potentialdifferenserna mellan ljusbågens elektroder och ändpunkterna af R . Följaktligen kan man uträkna impedansen ϱ och effektfaktorn enligt formlerna

$$\varrho = \frac{\mathcal{P}_L}{\mathcal{P}_R} R, \quad \frac{\mathcal{W}}{\mathcal{P}_L \mathcal{I}} = \frac{\mathcal{P}^2 - \mathcal{P}_L^2 - \mathcal{P}_R^2}{2\mathcal{P}_L \mathcal{P}_R}. \quad (10)$$

För en ljusbåge af 3 mm:s längd mellan kompakta kolelektroder var effektfaktorn vid låg frekvens negativ (= -0,91 vid frekvensen 250/sek), blef = 0 vid frekvensen 1950/sek, ökades sedan och uppnådde värdet + 1 först vid frekvensen 90000/sek, hvilket värde blef bestående till den högsta använda frekvensen 120000/sek. Vid de definitiva bestämningarna begagnades en vaxelström af styrkan 0,1 amp och frekvensen 100000/sek. Ifrågavarande ljusbåges O h m'ska ledningsmotstånd befanns sålunda = 3,81 ohm vid en stapelströmstyrka af 9,91 amp och med en elektrodspänning af 49,8 volt, enligt ammeter och voltmeter i stapelströmmens bana. Till öfvervinnet af det funna ledningsmotståndet behöfväs potentialdifferensen $3,81 \cdot 9,91 = 37,8$ volt. Såsom invers elektromotorisk kraft återstår alltså

¹⁾ Duddell, l. c. sid. 313.

enligt (8) $49,8 - 37,8 = 12$ volt. Motståndet ökades hastigt, då strömstyrkan minskades (från 3 ohm vid 12 amp till 70 ohm vid 1 amp); den inversa kraften åter aftog från 13 volt vid 12 amp till 11 volt vid 6 amp för att sedan tilltaga till 17 volt, då strömstyrkan gick ned till 1 amp. Vid konstant ström af 9,91 amp befanns motståndet växa med båg-längden från 3 ohm vid 1 mm till 8,4 ohm vid 25 mm, hvar-emot den inversa kraften hade ett minimivärde af 12 volt vid 4 mm:s båglängd för att sedan stiga till sitt begynnelse-värde 14 volt vid 1 mm:s båglängd.

8. För att undersöka fördelningen af det Ohm'ska ledningsmotståndet i en ljusbåge af 6 mm:s längd mellan kompakta kolektroder af 11 mm:s diameter infördes i bågen en 2 mm tjock kolsond, hvilken placerades 1 mm från hvar-dera elektroden och i bågens midt. Genom att leda vaxel-strömmen mellan hvardera elektroden och sonden erhöill man motstånden i bågens särskilda delar vid en strömstyrka af 9,91 amp. Under antagande af ett likformigt motstånd i den egentliga ljusbågen finner man vid beräkning med D u d d e l l's alla bestämningar enligt minsta qvadratmeto-den följande fördelning af motståndet:

	Ledningsmotstånd i ohm.	Nödig pot. diff. i volt.
Öfvergångsmotstånd vid anoden	: $1,59 \pm 0,16$	15,7
» » katoden	: $1,16 \pm 0,16$	11,5
Motstånd i ljusbågen per mm	: $0,42 \pm 0,04$	
» » » för 6 mm	: 2,52	25,0
	<hr/>	<hr/>
Hela motståndet	: 5,27 ohm	52,2 volt
	Observerad potentialdifferens:	63,6
	<hr/>	<hr/>
	Invers elektromotorisk kraft:	11,4 volt

Dessa tal skilja sig obetydligt från D u d d e l l's direkta me-deltal. ¹⁾ Sannolika felen äro något stora, beroende på de betydande experimentela svårigheterna.

¹⁾ L. c. sid. 330—332.

På samma gång bestämdes äfven vederbörande potential-differenser för stapelströmmen och beräknades den elektromotoriska kraften vid hvardera elektroden. Vid anoden erhöles sålunda en *invers* kraft af 16,7 volt, men vid katoden en *direkt* kraft af 6,0 volt. Ljusbågens hela elektromotoriska kraft är alltså *invers* och $= 16,7 - 6,0 = 10,7$ volt, eller något afvikande ifrån ofvan beräknade 11,4 volt, en differens lätt förklarlig på grund af de experimentela svårigheterna. Sondens införande verkade något störande; motståndet ökades med 0,44 ohm. Den inversa kraften utan sond befanns $= 12,7$ volt.

Man har alltså enligt D u d d e l l's undersökning vid anoden af den ifrågavarande ljusbågen ett potentialfäll af $16,7 + 15,7 = 32,4$ volt och vid katoden potentialfallet $11,5 - 6,0 = 5,5$ volt. Mrs. A y r t o n¹⁾ fann vid denna båglängd och strömstyrka anodfallet $= 34$ volt och katodfallet $= 9$ volt.

9. Genom D u d d e l l's undersökning har således den af P e u k e r t, Mrs. A y r t o n och andra uttälade förmodan bekräftats, att en del af termen *Di* utgöres af öfvergångsmotstånd, d. v. s. E d l u n d's kraft *D* förminskas från omkring 40 till 12 volt, medan åter *w* ökas med dessa öfvergångsmotstånd.

En anmärkningsvärd öfverensstämmelse med D u d d e l l's resultat framgår af A r o n s' försök²⁾. En ackumulatorstapel insattes emot hufvudströmmen. Då nu hufvudströmmen uteslöts genom en kommutator, tände sig åter ljusbågen åtminstone för en kort tid genom den i motsatt riktning gående ackumulatorströmmen. I ackumulatoren erfordrades härvid endast 22 volt, medan 32—36 volt voro nödiga att underhålla ljusbågen, hvars inversa elektromotoriska kraft alltså levererade de saknade 10—14 volt. A r o n s begagnade kolektroder med kärna (Dochtkohlen); med sådana elektroder erhöil D u d d e l l³⁾ en *invers* kraft af 12,2—18,5 volt.

¹⁾ L. c. sid. 222, 224.

²⁾ L. A r o n s: Ueber den electrischen Lichtbogen. Wied. Ann. LVII, 1896 sid. 188.

³⁾ L. c. sid. 325.

10. De af *D u d d e l l* funna motstånden och elektromotoriska krafterna motsvara vissa energiomsättningar. Vid anoden produceras enligt *J o u l e*'s lag energin $1,59 \cdot 9,91^2$ ohm.amp² = $15,7 \cdot 9,91$ volt.amp, hvartill kommer enligt *P e l t i e r*-effekten $16,7 \cdot 9,91$ volt.amp, emedan strömmen här passerar emot den inversa elektromotoriska kraften. Alltså produceras vid anoden $32,5 \cdot 9,91$ volt.amp = $3,22 \cdot 10^9$ erg/sek. Vid katoden blir enligt samma grunder disponibel energin $(11,5-6) \cdot 9,91 = 5,5 \cdot 9,91$ volt.amp = $0,55 \cdot 10^9$ erg/sek. I hvarje millimeter af gaspelaren är energiutvecklingen $0,42 \cdot 9,91^2$ ohm.amp² = $0,41 \cdot 10^9$ erg/sek eller nära fyra femtedelar af värmets vid katoden, så att äfven här en mycket hög temperatur bör visa sig. Det är alltså sannolikt, att en stor del gasmolekyler i ljusbågen äro dissocierade i ioner ¹⁾. Vid anoden utvecklas nära sex gånger så mycket värme som vid katoden, hvarigenom anodens högre temperatur förklaras.

Det starka öfvergångsmotståndet vid elektroderna förorsakas sannolikt af ett tunt lager kolånga. *Mrs. A y r t o n* ²⁾ antager ett sådant lager endast invid »kratern» å anoden. Noggranna beskrifningar af ljusbågen mellan kolelektroder konstatera dock en hvitglödande fläck äfven på katoden, der således utan tvifvel kolånga förefinnes. Enligt *S t a r k* utströmmar ur hvardera elektroden en ångstråle (»Dampfbüschel»), sannolikt innehållande äfven ioner ³⁾. Sjelfva ljusbågen består enligt *Mrs. A y r t o n* ⁴⁾ af kolimma (»carbon mist»), d. v. s. fint fördelat kol i glödande tillstånd.

11. Enär substansen i ljusbågen anses dissocierad i ioner, kan man här rörande strömmens gång tillämpa samma betraktelse som vid vanlig elektrolys ⁵⁾. Positiva och negativa

¹⁾ *J. Stark*: Die Elektrizität in Gasen, 1902, sid. 49. Detta arbete afses vid citater i det följande, om icke annan afhandling af samme förf. särskildt nämnes.

²⁾ L. c. sid. 355.

³⁾ L. c. sid. 103, 104, 155.

⁴⁾ L. c. sid. 355, 392.

⁵⁾ Jfr *D u d d e l l*, l. c. sid. 336: the true vapour column... is probably an electrolytic conductor.

ioner röra sig i motsatta riktningar, medförande sina laddningar. Förhållandena mellan hvardera ionens hastighet och summan af dessa hastigheter representera öfverföringstalen enligt H i t t o r f: kationens u och anionens $v = 1 - u$. Af hela strömstyrkan I förmedlar kationen andelen uI och anionen andelen vI . På tidsenheten uppträder vid katoden I enheter positiv elektricitet och vid anoden lika mycket negativ elektricitet. Den positiva elektriciteten vid katoden neutraliseras af lika mycket genom strömmen tillförd negativ elektricitet, om man antager, att ledningsförmågan i fasta ledare beror endast på de negativa ionernas rörlighet, hvarjämte den negativa elektriciteten vid anoden bortföres vidare såsom galvanisk ström (eller neutraliseras genom positiva ioner från anoden).¹⁾ Samtidigt uppstår på katodsidan en förlust af vI/e ionpar och på anodsidan en förlust af uI/e ionpar, om e är en ions laddning. Om fenomenet skall vara permanent, böra alltså dessa ionpar produceras vid elektroderna. Man kan antaga, att denna för ljusbågens existens nödiga mängd substans i ionform införes genom de af S t a r k anmärkta ångstrålarna från elektroderna, hvilka kunna medföra molekyler delade i ioner; eller ock sker ioniseringen inom gaspelaren i följd af den höga temperaturen.

12. Beträffande förloppet vid katoden bör ännu anmärkas följande. Den för den positiva elektricitetens neutralisering nödiga mängden elektroner behöfver icke alstras genom ionisering af katodens substans eller i ångskiktet invid katoden²⁾, när dessa elektroner levereras af strömmen ifrån den yttre ledningen till katoden. En fast ledare antages nämligen innehålla fria elektroner jämte lika många positiva ioner, så att den visar sig oelektrisk. De fria elektronernas translatoriska rörelse, i katoden riktad emot beröringsytan med gaspelaren, representerar den galvaniska strömmen. För att nu elektronerna skola kunna passera genom gränsytan, bör

¹⁾ Ifr. S t a r k, l. c. sid. 275—277.

²⁾ J. S t a r k: Zur Kenntnis des Lichtbogens, Drudes Ann. XII, sid. 682: »Beim Lichtbogen werden die negativen Elektronionen aus der Kathode selbst und zwar nicht durch Ionisierung, sondern durch Elektrisierung gewonnen».

dem meddelas en så hög kinetisk energi, att kontaktkraften ¹⁾ vid elektrodytan öfvervinner. Denna energi erhålla de genom den höga temperaturen, alltså under konsumtion af värme. I det extrema fall, att strömmen i gaspelaren befordras endast af negativa ioner, d. v. s. då $u = 0$, $v = 1$, bör ångstrålen ifrån katoden per tidsenhet leverera alla nödiga I/e ionpar; anodens ångstråle skulle icke behövas. Detta förhållande kan ega rum vid kall anod. F l e m i n g ²⁾ har visat, att ledning för negativa ioner eger rum till en kolstaf, som berör en ljusbåge någonstades emellan elektroderna; de från gaspelaren i en ljusbåge ankommande elektronerna kunna alltså obehindradt passera till en kall anod och konstituera strömmens fortsättning till den yttre ledningen. Äfven S t a r k och C a s s u t o ³⁾ hafva funnit, att en ljusbåge kan existera vid kall anod. M i t k e v i t c h ⁴⁾ visade, att en ljusbåge mellan kolspetsar länder sig åter efter ett afbrott af strömmen, om anoden utbytes emot en kolstaf af rummets temperatur.

I den vanliga kolljusbågen är dock äfven anoden hvitglödande och utsänder en kraftigare ångstråle. Beträffande dispositionen af de negativa ioner, som frigöras vid anoden, kan man vara tveksam. Skulle dessa ioner icke hafva förmåga att passera genom anodens hvitglödande krater och fortsätta såsom galvanisk ström, så måste man antaga en ionisering inom anoden i dess krater, hvarigenom de för strömmens fortgång till den yttre ledningen nödiga elektronerna vinnas, medan de positiva ionerna äro i tillfälle att neutralisera de från gaspelaren ankommande elektronerna.

13. Åsigterna beträffande värmeutvecklingen vid elektroderna kunna vara delade. Ofvan anförda energimängder beräknades under antagandet, att värmets utvecklades af den

¹⁾ J. Stark, l. c. sid. 99, 100, 102, 103.

²⁾ J. A. Fleming: On electric discharge between electrodes at different temperatures in air und in high vacua. Proc. R. S. XLVII, sid. 122, 123.

³⁾ J. Stark und L. Cassuto: Der Lichtbogen zwischen gekühlte Elektroden. Phys. Zeitschr. 5, 1904, sid. 264.

⁴⁾ W. Mitkevitch: Sur les conditions nécessaires pour la formation de l'arc électrique. Journ. Soc. phys.-chem. russe, XXV, 1903, N:o 9, sid. 676, 697

galvaniska strömmen enligt J o u l e 's lag på samma sätt som i fasta och flytande ledare, med beaktande af P e l t i e r-effekten. Sir J. J. T h o m s o n äfvensom J. S t a r k framställa en annan åskådning. Då de positiva ionerna passera katodfallet, vinna de per tidsenhet energin uIP_k , der P_k är katodfallet (ofvan = 5,5 volt). Sir J. J. T h o m s o n¹⁾ antager, att denna energi räcker till att framkalla den nödiga negativa ionmängden ur katoden äfvensom att ersätta värmeförlusten i följd af ledning och strålning. Emellertid böra ju äfven de negativa ionerna vid passagen genom katodfallet förvärfva ett energibelopp = vIP_k ; hela energivinsten (i form af värme) blir alltså $(u + v) IP_k = IP_k$, såsom här art. 10 antagits. Vid anoden får man likaså hela energiutvecklingen IP_a , der P_a är anodfallet (= 32,4 volt). Äfven S t a r k²⁾ antager, att katodfallet meddelar de positiva ionerna den energi, som behöfves till att underhålla dess för ljusbågens existens nödiga höga temperatur. En härifrån afvikande åsigt uttalar M i t k e v i t c h³⁾, som anser, att katodens höga temperatur hufvudsakligen beror på värmeledning från hetare partier af ljusbågen.

Enklare synes dock den föreställningen vara, att ioniseringen är en sekundär process, hvartill en del af det producerade värmets användes: vid elektroderna till ångbildning och elektronemission, i gaspelaren till ionisering, ifall sådana der är nödig, d. v. s. ifall ångstrålarne från elektroderna icke medföra tillräckliga mängder ioner. Dessa ångstrålar åstadkomma ock omblandningen af beståndsdelerna i ljusbågen, så att fördelningen af ioner håller sig oförändrad.

14. D u d d e l l 's uppdelning af ljusbågens elektromotoriska kraft i en invers kraft vid anoden och en direkt kraft vid katoden är ytterst vigtig äfven i teoretiskt afseende. De båda elektroderna förhålla sig öfverhufvud temligen lika; båda innehafva en hög temperatur och båda förtäras genom ljusbågens verkan. Om en elektromotorisk kraft förefinnes

¹⁾ J. J. Thomson: Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche Ausgabe von E. Marx, 1906, sid. 445, 446.

²⁾ J. Stark: Zur Kenntnis des Lichtbogens, l. c. sid. 688.

³⁾ W. Mitkevitch, l. c.

vid den ena, bör en dylik vara för handen äfven vid den andra, och båda krafterna böra hafva samma riktning gentemot ljusbågen. D u d d e l l visar, att hvardera kraften är riktad ifrån ljusbågen emot elektroden, tydande på ett potentialfall ifrån elektroden emot ljusbågen, hvilket sträfvar att producera en ström ifrån elektroden till de yttre delarna af strömbanan.

D u d d e l l¹⁾ diskuterar de möjliga orsakerna till dessa potentialfall och uttalar sig till förmån för tillvaron af en termoelektrisk kraft vid elektrodernas beröring med ångpelaren («the vapour column»). Temperaturdifferensen mellan dessa beröringsytor uppskattas visserligen till omkring 1000° , men å andra sidan saknar man experimentela undersökningar rörande termoelektriska krafter i vanlig bemärkelse vid kontakt mellan fasta eller flytande ledare och gaser, likaså beträffande en möjlig T h o m s o n-effekt i elektroderna eller gaspelaren. Här gäller det dock i hufvudsak att göra reda för tillvaron af de potentialdifferenser vid elektroderna, hvilka motsvara dessa elektromotoriska krafter och hvilka äro nödvändiga för möjligheten af ström i delar af strömbanan, som ligga utanför kontaktställena. I sådant afseende erbjuder emissionen af negativa elektroner från hvitglödande fasta eller flytande kroppar en nära till hands liggande förklaring.

15. Af flere fysiker har konstaterats, att metaller och kol i hvitglödande tillstånd utsända elektroner. Enligt Sir J. J. T h o m s o n²⁾ hopa sig de emitterade elektronerna invid den upphettade kroppens yta tilldess en viss, af ytans temperatur beroende elektrontäthet uppnås. Man måste väl förstå denna företeelse sålunda, att den emitterande kroppen behåller en lika stor positiv laddning. Invid hvardera elekt-

¹⁾ D u d d e l l, l. c. sid. 336, 337. I en uppsats: »Versuch einer Erklärung der unipolaren Erwärmung beim galvanischen Flammenbogen», Pogg. Ann. CXI, 1860, framställer H. Wild antagandet, att en termoelektrisk kraft förefinnes vid beröringen mellan luftpelaren och de till olika temperaturer upphettade elektroderna. Olikheten i temperatur vore beroende på P e l t i e r-effekten.

²⁾ J. J. T h o m s o n, l. c. sid. 164—169. Enligt J. S t a r k, l. c. sid. 103, 152, 153, spelar äfven det ultravioletta ljuset en roll vid denna emission.

roden existerar alltså ett elektriskt dubbelskikt enligt H. v. H e l m h o l t z' åskådning. Förefinnes nu ledning emellan de yttre sidorna af dessa dubbelskikt, såsom fallet är i ljusbågen, så underhålles en galvanisk ström, alldeles såsom genom den yttre ledningen emellan en hydrostapels eller en dynamos poler eller mellan kontaktstället af två olika koncentrerade lösningar af samma salt, o. s. v. Vid ljusbågens katod öfverlagras detta dubbelskikt af den större potential-differens af motsatt riktning, som erfordras för öfvervinnandet af öfvergångsmotståndet; sålunda uppstår katodfallet såsom en differens. Vid anoden åter äro de båda potentialfallen lika riktade och deras summa utgör anodfallet.

Dessa dubbelskikt utsända elektrisk och magnetisk induction och förlora dervid energi, d. v. s. deras potentialdifferens förminskas och bör kontinuerligt underhållas, hvilket sker genom fortfarande emission af elektroner, likasom vid kontakten mellan två olika koncentrerade lösningar genom en kontinuerlig elektrolytisk diffusion. I hvartdera fallet erfordras tillfördt värme för processens kontinuitet.

Enligt denna åskådning vore upprätthållandet af de båda dubbelskikten vid elektroderna en sekundär process, i likhet med hvad ofvan antagits beträffande ljusbågens förseende med nödiga ioner. Det genom öfvergångsmotståndet producerade värmets, modifieradt genom P e l t i e r-effekten, användes således delvis 1) till bildandet af ångstrålarne från elektroderna, 2) till emission af elektroner för upprätthållandet af de elektromotoriska krafterna invid elektroderna, 3) till lösgörandet af substans från elektroderna, hvilken uppbrinner i »aureolan» kring den ledande gaspelaren. Återstoden af värmets bortgår genom ledning och strålning.

16. Vår åskådning rörande orsakerna till de elektromotoriska krafterna vid elektroderna hvilar på elektronemissionen förorsakad af den höga temperaturen. Det emitterade elektronlagret ökas icke utöfver en viss gräns, ty de partialströmmar, som älsträs af de elektriska dubbelskikten, bortföra elektronerna i den mån, som de produceras. Eller med andra ord: för dessä partialströmmar utgör elektronlagret anod, till hvilken positiva ioner från gaspelaren ankomma och

neutralisera elektroner, medan elektroden själf utgör katod och emottager ifrån den yttre ledningen anländande elektro- uer, hvilka der neutralisera positiva ioner.

De här i fråga varande elektronlägren böra icke förväxlas med de inre laddningar i närheten af gaspelarens gränssytor hvilka enligt P o i s s o n's eqvation kunna förefinnas på grund af de starka ändringarna i fältintensiteten, i analogi med företeelserna i närheten af elektroderna i ett vacuumrör. Dessa laddningar äro så att säga statiska fenomen, som icke förorsakas af någon inre drifvande kraft.

17. För underhållandet af den inversa partialströmmen från dubbelskiktet vid anoden erfordras en värmeförsöring $E_a I_a$, om E_a är skiktets potentialdifferens och I_a strömmens intensitet. Man kan föreställa sig, att denna energi tages ifrån P e l t i e r-effekten $(I_s + I_k) E_a$, förorsakad af stapelns och katodskiktets partialströmmar I_s , I_k . Hela P e l t i e r-effekten vid anoden är alltså $(I_s + I_k - I_a) E_a = I E_a$, såsom ofvan art. 10 beräknats. Härtill kommer det J o u l e'ska värmets $I^2 R_a$, der R_a är öfvergångsmotståndet vid anoden. Det i katodens dubbelskikt med potentialdifferensen E_k konsumerade värmets $I_k E_k$ tages jämte beloppet $(I_s - I_a) E_k$ ifrån det emot öfvergångsmotståndet R_k svarande värmets $I^2 R_k$.

Det vore af intresse att utreda, huru mycket energi behöves till upprätthållandet af partialströmmarna I_a och I_k . En beräkning i detta syfte kan icke definitivt utföras, enär det i stapeln begagnade voltalet, ej heller storleken af motståndet R art. 7 meddelats. Antager man, att i stapeln 120 volt tagits i anspråk för 6 mm:s ljusbåge och att $R = 4,7$ ohm, så finner man för strömstyrkan 9,91 amp ett yttre motstånd = 1 ohm, så att $I_s = 10,9$, $I_a = 1,5$ och $I_k = 0,55$ amp. Man skulle alltså hafva $I_a E_a = 25$ volt. amp = $0,25 \cdot 10^9$ erg/sek., $I_k E_k = 3,3$ volt. amp = $0,033 \cdot 10^9$ erg/sek., hvilka belopp utgöra små bråkdelar af de disponibla värmemängderna.

18. Elektrodernas dubbelskikt äro icke själfständiga energikällor såsom exempelvis hydroelementen. Den från katodskiktet utgående energiströmmen $I E_k$ konsumerar det

elektriska systemets egen energi, som sedan omsättes i öfver hela strömbanan utbredd Joule'skt värme. Vore E_k exempelvis ett Daniell's element, så skulle detta värme alstras genom dess kemiska processer och komma strömbanan till godo såsom något utifrån härstammande; inom elementet skulle någon synnerlig temperaturförändring icke förmärkas. Skulle ett sådant element ersätta anodskiktet, så skulle det utsända energin $I_a E_a$, men emottaga energin $(I_s + I_k) E_a$; energin $(I_s + I_k - I_a) E_a$ skulle utföra vederbörande retrograda kemiska processer i hydroelementet och således icke visa sig såsom värme i strömbanan.

Dessa omständigheter böra beaktas, då företeelserna vid en ljusbåges utslocknande bedömas. Genom en särskild undersökning ¹⁾ har E d l u n d funnit, att ljusbågens elektromotoriska kraft fortfar en ytterst kort tid efter det stapelströmmen afbrutits; den resterande kraften uppskattades till 12—15 B u n s e n ' s element. Flere fysiker anse sig hafva vederlagt detta resultat. Hvad man sedan funnit (högst en volt), har exempelvis tillskrifvits elektron diffusion, beroende på, att anoden längre tid än katoden bibehåller en hög temperatur och utsänder en starkare elektronström. ²⁾ Ett experimentellt bevis, att ljusbågens inversa kraft kan fortfara äfven efter den alstrande strömmens afbrott, har ofvan art. 9 refererats.

19. Vi påminna nu om den teoretiska betraktelse art. 2, på hvilken E d l u n d stödde sin åsigt att ljusbågen borde innehålla en invers elektromotorisk kraft. När en del af den fasta ledaren i strömbanan borttages och ersättes med en ljusbåge af samma skenbara motstånd, så måste det oaktadt hela den af strömmen producerade värmemängden blifva mindre än den, som kan beräknas ur den elektromotoriska kraften och ledningsmotståndet, emedan strömmen nu jämte produktion af värme äfven förrättar det mekaniska arbete,

¹⁾ E. Edlund: Om den nya elektromotoriska kraften i den galvaniska ljusbågen. Öfv. af K. Vet. Akad. Förh. 1868, N:o 1.

²⁾ G. G. Becknell: The residual electromotive force of the carbon arc. Phys. Rev. XXI, 1905 sid. 187.

som åtgår för sönderslitandet från polerna af de materiella partiklarna. Detta resonnement gäller äfven på fysikens nuvarande ståndpunkt med den ändring, att sönderslitandet af materiella partiklar utbytes mot elektronemissionen, som ju ock består i ett lösslitande af vägbar massa, förenadt med värmekonsumtion vid elektroderna, hvarigenom temperaturstegringen begränsas. Härvid alstras ock de båda af D u d e l l konstaterade elektromotoriska krafterna vid elektroderna, af hvilka dock blott den vid anoden fungerar såsom E d l u n d föreställde sig, utsändande en emot hufvudströmmen riktad ström. Vid afkyld anod bortfaller sannolikt denna inversa kraft, såsom flere undersökningar gifva vid handen. Bland dessa må här beröras följande.

S t a r k och C a s s u t o ¹⁾ funno vid kopparelektroder, att termen aI i eqv. (2) sjönk med 10 volt, då elektroderna afkyldes. Vidare visade sig potentialfallet per längdenhet i gaspelären större vid afkylda elektroder, emedan afkylningen har till följd en förminskning af ångmängden. Dessa båda hvarandra motarbetande omständigheter verka derhän, att vid större båg-längd elektrodernas potentialdifferens ökas genom deras afkylning. I samma afhandling meddelas det af C h R C r o s s och W E S h e p a r d funna resultatet, att anodfallet vid kolelektroder stiger från 39 till 46,9 volt, om anoden upphettas, men faller till 5,6 volt vid anodens afkylning.

Genom att medels en syrgasstråle befördra kolelektrodernas förbränning lyckades M i t k e v i t c h ²⁾ framkalla en 2—4 mm:s ljusbåge med en potentialdifferens af endast 2—6 volt och en ström af endast 2—5 amp. Härvid synes således katodens direkta elektromotoriska kraft hafva uppnått samma storlek som anodens inversa kraft eller till och med hafva öfverskridit densamma.

¹⁾ J S t a r k und L C a s s u t o : Der Lichtbogen zwischen gekühlte Elektroden, I. c. sid. 267, 268.

²⁾ W M i t k e v i t c h : Sur la force électromotrice minimale, nécessaire pour alimenter un arc voltaïque. Journ. Soc. phys.-chem. russe XXXVI N:o 8, 1964, sid. 259, 263.

20. D u d d e l l's resultat blef beaktadt af S t a r k, som redan 1902 ¹⁾ förklarade, att man vid ljusbågens katod i följd af den höga temperaturen har att antaga en inre elektromotorisk kraft, som drifver den negativa elektriciteten från katod till anod, samt likaså vid anoden, ifall denna innehar en hög temperatur, en inre elektromotorisk kraft, som söker drifva den negativa elektriciteten från anod till katod. D u d d e l l's värden: direkta 6 volt vid katoden och inversa 17 volt vid anoden anföras. I ett senare arbete ²⁾ fastställles, att äfven de negativa ionerna från katoden vid passagen genom katodfallet förvärfva energi och i följd deraf genom ionstöt invid själfva katoden producera de positiva ioner, genom hvilkas bombardement denna elektrod erhåller sin höga temperatur. Här preciseras ock närmare uppkomsten af de inre elektromotoriska krafterna. Från en metall med hög temperatur i beröring med en upphettad gas utstrålar en större mängd elektroner än gasen levererar åt metallen. Alltså uppträder vid katodens strömbas en termoelektrisk kraft arbetande i strömmens riktning och konsumerande värme, men vid anoden en sådan kraft arbetande emot strömmen och producerande värme.

Äfven M i t k e v i t c h har anslutit sig till D u d d e l l's åskådning, såsom ofvan art. 19 anförts. Efter ljusbågens utslocknande har han funnit restkrafter större än 1,5—2 volt invid elektroderna ³⁾.

Deremot betviflar G r a n q v i s t ⁴⁾ tillvaron af ljusbågens elektromotoriska krafter, likasom ock Sir J. J. T h o m s o n alls icke nämner derom i sitt ofvan citerade stora arbete.

¹⁾ J. Stark: Die Elektrizität in Gasen, sid. 427; Zur Kenntniss des Lichtbogens, I. c. sid. 691.

²⁾ J. Stark, T. Retschinsky und A. Schaposchnikoff: Untersuchungen über den Lichtbogen. Drudes Ann. XVIII, 1905, sid. 216.

³⁾ W. Mitkevitch: Sur la force contre-électromotrice de l'arc électrique. Journ. Soc. phys.-chem. russe, XXXVI, N:o 1, sid. 13, 20.

⁴⁾ G. Granqvist: Ueber die Bedeutung des Wärmeleitungsvermögens der Elektroden bei dem elektrischen Lichtbogen. Nova Acta R. Soc. Sc. Ups. Ser. III, 1902, sid. 16. Jfr: Zur Theorie des elektrischen Lichtbogens Arkiv för matem., astr. och fys. Bd 2, N:o 17, 1905.

C h i l d¹⁾ gör invändning emot tolkningen af D u d d e l l's resultat. D u d d e l l's definition af ljusbågens ledningsmotstånd, art. 6 ofvån, är enligt C h i l d identisk med föreställningen, ätt detta motstånd kunde bestämmas genom förhållandet dP/dI , der dP , dI äro små förändringar i elektrodernas potentialdifferens och i strömmen genom bryggan. Om man nämligen tager i betraktande endast den irreversibla delen af den emottagna energin, så vore enligt D u d d e l l $w = pi/i^2 = p/i = dP/dI$. Bestämmandet af w har alltså betydelse för utrönandet af förloppet för kurvan $P = f(I)$ vid föränderliga P och I , och man är icke på grund häraf berättigad att i ljusbågen antaga en enligt (8) beräknad elektromotorisk kraft af samma natur som exempelvis i ett hydroelement, såsom E d l u n d åsyftat. C h i l d bestrider, att tillværon af en dylik kraft skulle vara bevisad genom någon af de metoder, hvilka blifvit använda för undersökningar i detta syfte. D u d d e l l har emellertid själf betraktat den af honom uppmätta kraften såsom en termoelektrisk kraft och alltså likställt den fullkomligt med vanliga elektromotoriska krafter.

21. En jämförelse emellan vår åskådning och den af S t a r k antagna mera detaljerade föreställningen om företeelserna i ljusbågen utfaller alltså sålunda. Vi hafva betraktat de af D u d d e l l konstaterade öfvergångsmotstånden vid elektroderna, hvilka icke alls beaktats af S t a r k och andra, såsom vanliga, O h m'ska ledningsmotstånd, förmedels hvilka det J o u l e'skø värmets produceras. Potentialfallen, hvilka betinga denna energiomsättning, upprätthållas genom energi, som inströmmar från det yttre fältet. De negativa ionerna, som äro nödvändiga för ljusbågens existens, levereras af den yttre strömmen genom katodens strömbas, hvilken bör innehafva en hög temperatur, om elektronernas genomgång skall vara möjlig. Denna temperatur underhålles genom det af öfvergångsmotståndet producerade värmets. Då nu dessutom värme erfordras såväl till ångbildningen, som förser

¹⁾ C. D. Child: Relation between temperature of electrodes and voltage of the electric arc. Phys. Rev. XXX, 1910, sid. 311.

ljusbågen med material, som ock till den särskilda elektron-emission, hvilken betingar den direkta elektromotoriska kraften vid katoden, så blir katodfallet icke tillräckligt för hela denna värmeproduktion, utan bör detsamma höjas till det belopp, som motsvarar D u d d e l l's öfvergångsmotstånd vid katoden (för kolljusbåge af 6 mm:s längd från 5,5 volt till 11,5 volt för ett öfvergångsmotstånd af 1,16 ohm). Värmeutvecklingen blir då så stor ($9,91^2 \cdot 1,16 \text{ amp}^2 \cdot \text{ohm} = 1,14 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$), att äfven med afdrag af det konsumerade P e l t i e r-värmet ($9,91 \cdot 6 \text{ amp} \cdot \text{volt} = 0,59 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$) tillräcklig värme ($0,55 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$) återstår för underhållandet af den höga temperaturen och ångbildningen m. m.

Det är endast denna sista energimängd, som framkommer enligt den af S t a r k och andra företrädde åskådningen. Vid passagen genom katodfallet (ofvan 5,5 volt) förvärfva de positiva ionerna energin uIP_k , de negativa energin vIP_k eller tillsammans energin IP_k ($9,91 \cdot 5,5 \text{ amp} \cdot \text{volt} = 0,55 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$). Här af förbrukas uIP_k till värmeeffekt enligt Sir J. J. T h o m s o n, medan återstoden vIP_k enligt S t a r k, R e t s c h i n s k y och S c h a p o s c h n i k o f f användes till ionisering. De härvid alstrade positiva ionerna böra väl anses ingå i den till katoden ankommande positiva strömmen uI och öka icke det vid katoden disponibla värmets utöfver nyssnämnda belopp; de negativa ionerna åter fortsätta till gaspelaren, ingående i den galvaniska strömmen jämte de ioniserande elektronerna. Det till värmeeffekter disponibla värmets (högst $0,55 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$) är mindre än det konsumerade P e l t i e r-värmet ($0,59 \cdot 10^9 \text{ erg/sek}$), för hvars härkomst således icke redogöres. Vid hvitglödande anod blir värmeproduktionen på grund af anodfallet mycket stor (högst vIP_a enligt Sir J. J. T h o m s o n). Härtill måste, såsom ofvan art. 10 beräknats, icke blott J o u l e'ska värmets i följd af D u d d e l l's öfvergångsmotstånd utan äfven utifrån ankommande P e l t i e r-effekt tagas i anspråk.

22. Hos glimströmmen i ett rör med förtunnad luft har Th. H o m é n ¹⁾ funnit såväl en invers elektromotorisk kraft

¹⁾ Th. Homén: Ueber die Elektrizitätsleitung der Gase, I: Acta Soc. Scient. Fenn. XVI, 1888, sid. 107, II, III: XVII, 1891, sid. 15, 29.

som ock ett vid lågt tryck högst betydande öfvergångsmotstånd vid elektroderna. Af stort intresse vore en undersökning enligt D u d d e l l's metod, huru denna kraft och detta motstånd är fördeladt mellan elektroderna äfvensom huru sjelfva gaspelaren förhåller sig i afseende på ledningsmotstånd. Likaså vore undersökningar enligt samma metod af ljusbågar mellan metallektroder och mellan upphettade eller afkylda elektroder högeligen önskvärda. Äfven G r o t r i a n's långa ljusbågar skulle erbjuda största intresse i detta hänseende. De stora experimentela svårigheterna och den vidlyftiga apparaten synas tyvärr hafva afskräckt ifrån fortsatta undersökningar af detta slag.



Musci novi japonici.

Descripsit

V. F. BROTHERUS.

Trematodon (Eutrematodon) atrovirens Broth. n. sp.

Gracilis, caespitosus, caespitibus densis, atroviridibus. Caulis erectus, vix ultra 5 mm altus, inferne foliis destructis, superne dense foliosus, simplex vel ramosus. Folia sicca crispula, humida e basi vaginante, breviter oblonga \pm raptim in laminam patentem, lanceolato-subulatam, obtusam attenuata, marginibus medio folii anguste revolutis, summo apice dentibus paucis, obtusis instructis; nervo latiusculo, infra summum apicem folii evanido; cellulis laminalibus laxis, subquadratis, chlorophyllosis, basilaribus laxe oblongo-rectangularibus. Bractee perichaetii altius vaginantes, longius acuminatae. Seta c. 1.5 cm alta, sicca flexuosula. Theca suberecta, sporangio oblongo, collo duplo longiore, strumuloso. Caetera ignota.

H o n d o: Tokyo; solo umbroso horti (K. S a k u r a i 480).

Species *T. drepanello* Besch. affinis, sed foliis laxe areolatis nec non seta brevior et theca collo brevior instructo dignoscenda.

Dicranella (Eudicranella) microcarpa Broth. n. sp.

Dioica; tenella, caespitosa, caespitibus laxiusculis, lutescentibus, sericeo-nitidis. Caulis erectus, vix ultra 3 mm altus, basi rhizoideis paucis elongatis instructus, dense foliosus, simplex. Folia plus minusve distincte subsecunda, canaliculato-

concava, e basi brevi, semivaginante, ovata raptim vel subsensim in laminam setaceam attenuata, usque ad 2.2 mm longa et usque ad 0.4 mm lata, marginibus erectis, integris vel summo apice parcissime serrulatis; nervo basi c. 0.05 mm lato, continuo; cellulis laminaribus linearibus, basilaribus elongate rectangularibus. Seta c. 4 mm alta, tenuissima, lutea. Theca erecta, regularis, e collo brevi ovalis, c. 0.65 mm longa, deoperculata laevis, fusca, cellulis exothecii parenchymaticis, irregularibus, singulis elongatis. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa (M. G o n o 122).

Species pulchella, caespitibus lutescentibus, sericeo-nitidis et theca minutissima, regulari oculo nudo jam dignoscenda.

Dicranella (Eudicranella) ditrichoides Broth. n. sp.

Dioica; gracilis, caespitosa, caespitibus laxiusculis, lutescenti-viridibus, nitidiusculis. Caulis erectus, vix ultra 8 mm altus, basi rhizoideis paucis, elongatis instructus, dense foliosus, simplex vel ramosus. Folia falcata, canaliculato-concava, inferiora minuta, e basi lanceolata sensim subulata, dein sensim majora, superiora e basi semivaginante raptim vel subsensim in laminam elongatam, lanceolato-setaceam attenuata, usque ad 3.2 mm longa et usque ad 0.4 mm lata, marginibus erectis, integris vel summo apice parce serrulatis; nervo basi c. 0.05 mm lato, continuo; cellulis laminaribus linearibus, basilaribus elongate et anguste rectangularibus. Seta c. 6 mm alta, tenuissima, rubra. Theca erecta, regularis, e collo brevi ovalis, c. 0.95 mm longa, sicca plicatula, fusca, cellulis exothecii irregularibus, parenchymaticis et elongatis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Shinano; Mt. Yatsugatake (E. I i s h i b a 797, E. U e m a t s u 655).

Species praecedenti affinis, sed foliis longioribus, falcatis, basi longiore, angustius areolata, seta rubra nec non theca sicca plicatula dignoscenda.

Leucoloma (Subvittata) Okamurae Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens caespitosum, caespitibus densis, mollibus, late extensis, laete viridibus, nitidiusculis; caulis erectus vel ascendens, usque ad 2 cm altus, parce radiculosus, dense foliosus, dichotome ramosus; folia falcatula, cana-

liculato-concava, elongate lanceolato-subulata, c. 4.75 mm longa, summo apice tantum denticulata, limbo basi c. 6 seriato, superne sensim angustiore, continuo; nervo tenui, dorso laevi; cellulis laminalibus minutis, quadratis, minutissime verrucosis, basin versus sensim longioribus, basilaribus linearibus, alaribus numerosis, laxis, quadratis, fusco-aureis; seta 4 mm alta, tenuis, rubra; theca erecta, oblonga, fusca; operculum e basi conica longe rostratum.

S h i k o k u: Tosa; Yanase; ad ligna putrida (S h. O k a m u r a 183, 217, 225). Tosa; Yasubadani (S h. O k a m u r a 462). Tosa; Kashiyaama (S h. O k a m u r a 463).

Species *L. siamensi* Broth. affinis, sed foliis latius limbatis, limbo continuo, cellulis laminalibus, minutissime verrucosis nec laevibus dignoscenda.

Campylopus (Atrichi) akagiensis Broth. et Yas. n. sp.

Dioicus; gracilescens, caespitosus, caespitibus laxiusculis, mollibus, lutescentibus, inferne fuscidulis, nitidis. Caulis erectus, usque ad 2 cm altus, fusco-tomentosus, dense foliosus, ramosus, apice propagulis axillaribus, microphyllinis, anguste lineari-lanceolatis, integerrimis numerosissimis instructus. Folia sicca erecta, humida erecto-patentia vel arcuato-patentia, canaliculato-concava, accrescentia, e basi oblonga sensim lanceolato-subulata, comalia c. 5 mm longa et usque ad 0.9 mm lata, marginibus incurvis, apice argute serratis; nervo basi dimidiam partem folii occupante, usque ad apicem a lamina distincto, dorso superne lamellato, lamellis argute serratis, cellulis ventralibus laxis, dorsalibus stereideis; cellulis laminalibus incrassatis, rhombeis, pellucidis, basilaribus, hyalinis, teneris, internis laxis oblongo-hexagonis vel rectangularibus, externis multo angustioribus, alaribus a supraalaribus vix diversis. Caetera ignota.

H o n d o: Mt. Akagi (K. T s u n o d a in H e r b. A. Y a s u d a 300).

Species caule apice propagulis microphyllinis numerosissimis oculo nudo jam dignoscenda.

Campylopus (Atrichi) Uii Broth. n. sp.

Dioicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, mollibus, lutescenti-viridibus, nitidis. Caulis erectus vel adscendens,

usque ad 2 cm altus, fusco-tomentosus, dense foliosus, simplex. Folia sicca laxe adpressa, humida erecto-patentia, canaliculato-concava, accrescentia, lanceolato-subulata, comalia c. 5 mm longa et usque ad 0.5 mm lata, marginibus superne serratis; nervo basi c. tertiam partem folii occupante, in aristam \pm elongatam, argute serratam excedente, dorso humiliter lamellato, cellulis ventralibus laxis, inanibus, dorsalibus stereideis; cellulis laminalibus elongate et anguste rhomboideis et rectangularibus, basilaribus laxis, rectangularibus, alaribus numerosis, laxis, fuscis, in ventrem valde excavatum dispositis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kii; Tomisato (N. U i in H e r b. I s h i b a 1103).

Species mollitie foliorumque structura dignoscenda.

Blindia japonica Broth. n. sp.

Dioica; tenella, caespitosa, caespitibus densiusculis, viridissimis vel fusciscentibus, sericeo-nitidis. Caulis erectus, usque ad 1 cm altus, parce radiculosus, densiuscule foliosus, furcatus vel simplex. Folia patentia, canaliculato-concava, lanceolato-subulata vel e basi oblonga subulata, usque ad 2 mm longa, acuta, superne minutissime serrulata; nervo subulam totam occupante; cellulis anguste rectangularibus, basilaribus infimis laxioribus, fuscis, alaribus laxis, rotundato-hexagonis, fuscis. Seta cygnea, c. 2.5 mm alta, tenuis, lutescens. Theca minutissima, subglobosa, demum fusco. Exostomii dentes e basi lata lanceolati, c. 0.2 mm longi, dense articulati, fusco-rubri, laevissimi. Spori 0.010 mm, olivacei, laevissimi. Operculum e basi conica rostratum.

S h i k o k u: Tosa; Mt. Kiyosumi (M. G o n o). H o n d o: Prov. Kotsuke; Mt. Nabewari (K. T s u n o d a in H e r b. I s h i b a 1346). Mt. A k a g i (K. T s u n o d a 62). Nikko (G. K o n o 28). Hakone (G. K o n o 16, 18).

Species *Bl. acutae* (Huds.) Bryol. eur. affinis, sed seta brevi, cygnea, theca minutissima, subglobosa nec non exostomii dentibus duplo fere brevioribus, dense articulatis dignoscenda.

Ditrichum (Euditrichum) macrorrhynchum Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus laxiusculis,

faciliter dilabentibus, viridissimis vel fusciscenti-viridibus, opacis. Caulis erectus, vix ultra 1 cm altus, basi fusco-radiculosus, dense foliosus, simplex. Folia homomalla, lanceolato-subulata, usque-ad 2.5 mm longa, marginibus anguste recurvis, superne serrulatis; nervo crasso, continuo; cellulis anguste rectangularibus, basin versus sensim longioribus. Seta 5—8 mm alta, tenuissima, rubra. Theca erecta, anguste cylindrica, recta, fusca. Operculum e basi conica longe rostratum, usque ad 0.76 mm altum.

H o n d o: Sendai; ad terram arenosam (E. U e m a t s u 96, 98, 899; E. I i s h i b a 39, 97, 110, 299, 1125). Prov. Kotsuke (K. T s u n o d a in Herb. A. Y a s u d a 124). Prov. Kai; Mt. Sasako (K. S a k u r a i 478).

Species *D. tortili* (Schröd.) Lindb. et *D. subtortili* Card. valde affinis, sed operculo longe rostrato dignoscenda.

Fissidens (Bryoidium) tosaënsis Broth. n. sp.

Autoicus, fl. masc. axillaribus, minutis, bracteis lanceolato-acuminatis; gracilescens, caespitosus, caespitibus laxiusculis, late extensis, glaucoviridibus, opacis. Caulis vix 1 cm altus, cum foliis c. 2.5 mm latus, basi fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, simplex vel ramosus. Folia multijuga, sicca homomallula, humida erecto-patentia, infima minuta, caetera duplo majora, linearia, breviter acuminata, acuta, usque ad 1.7 mm longa et usque ad 0.35 mm lata, integra vel summo apice minutissime serrulata; lamina vera ad medium folii producta; lamina dorsali ad basin nervi enata ibidemque angusta; limbo hyalino, basi 4—5 seriato, subcontinuo; nervo continuo; cellulis rotundato-hexagonis, 0.007—0.010 mm, chlorophyllosis, pellucidis, laevissimis. Seta terminalis, c. 4.5 mm alta, tenuissima, lutea. Theca inclinata, irregularis, ovalis, sicca deoperculata infra orificium vix contracta, pallida. Operculum oblique rostratum. Calyptra cucullata.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Kochi; ad terram (S h. O k a m u r a 293).

Species *F. laterali* Broth. affinis, sed inflorescentia autoica, foliis limbo basi 4—5 seriato instructis nec non seta terminali, duplo longiore jam dignoscenda.

Fissidens (Serridium) Ferriei Broth. n. sp.

Dioicus; gracilescens; lutescenti-viridis, opacus. Caulis usque ad 1.5 cm altus, cum foliis c. 2 mm vel paulum ultra latus, basi fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, simplex. Folia c. 15 juga, sicca deorsum spectantia, humida erecto-patentia, oblongo-lanceolata, obtusiuscula, apiculata, usque ad 2 mm longa et 0.5 mm lata, marginibus ob cellulas prominentes crenulatis; elimbata; lamina vera ad medium folii producta; lamina dorsali ad basin nervi enata ibidemque rotundata; nervo continuo vel subcontinuo; cellulis rotundatis vel hexagono-rotundis, c. 0.010 mm, subpellucidis, laevissimis. Flores feminei sat numerosi, axillares. Cetera ignota.

Kiushiu: Hizen; Omura; ad terram (Rev. J. B. Ferrié in Herb. Levier 186). Nagasaki (Idem in Herb. Levier 189).

Species *F. nagasakino* Besch. affinis, sed foliis haud decurrentibus, cellulis majoribus dignoscenda.

Molendoa japonica Broth. n. sp.

Dioica; gracilis, caespitosa, caespitibus densiusculis, mollibus, glaucoviridibus, inferne ochraceis. Caulis erectus, vix ultra 1 cm altus, parce radiculosus, dense foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca incurva, humida erecto-patentia, canaliculato-concava, e basi oblonga lineari-lanceolata, acuta, c. 2 mm longa, marginibus anguste recurvis, integerrimis; nervo crasso, dorso valde prominente, continuo, laevi; cellulis laminalibus minutissimis, quadratis, laevissimis, basilaribus laxioribus, breviter rectangularibus. Caetera ignota.

Hondo: Prov. Shinano; Mt. Togakushi (E. Uematsu 779). Prov. Rikuzen; Aoso (E. Ishiba 600, 643).

Species *M. Sendtnerianae* (Bryol. eur.) Limpr. valde affinis, sed foliis marginibus anguste recurvis, cellulis laminalibus laevissimis, basilaribus latioribus et brevioribus dignoscenda.

Tortella Sakurii Broth. n. sp.

Dioica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus mollibus, densiusculis, laete viridibus, aetate fuscescenti-viridibus. Caulis ad 5 cm usque altus, inferne parce fusco-radiculosus,

dense foliosus, dichotome ramosus. Folia sicca crispata, humida e basi vaginante, superne dilatata subito in laminam plus minusve squarrosam, anguste lanceolato-subulatam, usque ad 4.5 mm longam producta, marginibus erectis, integerrimis; nervo crassiusculo, superne tenuiore, in mucronem lutescentem excedente; cellulis laminalibus minutissimis, rotundato-quadratis, minutissime verrucosis, basilaribus elongate rectangularibus, teneris, hyalinis, marginalibus in laminam adscendentibus, limbum plus minusve alte productam, angustissimam efformantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke; Mt. Haruna (K. S a k u r a i 497).

Species valde peculiaris, *T. tortuosae* (L.) Limpr. habitu similis, sed foliorum forma facillime dignoscenda.

Weisiopsis Broth. n. gen.

Autoica, fl. masc. juxta perichaetium, breviter stipitatum, gemmiformis, bracteis minutis, obtusiusculis vel breviter acuminatis. Plantae tenellae, caespitosae vel gregarie crescentes. Folia sicca incurva, humida plus minusve patentia, subearinato-concava, e basi angustiore, spathulata obovato-oblonga vel oblongo-ligulata, plerumque rotundato-obtusa, marginibus erectis, integris vel summo apice crenulatis; nervo tenui, infra summum apicem folii evanido, raro continuo; cellulis laminalibus minutissimis, hexagono-rotundatis vel quadratis, plerumque laevissimis, basilaribus internis laxis, breviter rectangularibus, inanibus, externis minoribus. Bractee perichaetii minores. Seta tenuissima, lutea. Theca erecta, oblongo-cylindrica, brevicollis, leptodermis; cellulis laxis, teneris, parenchymaticis, ad orificium rubrum in seriebus nonnullis multo minoribus; stomatibus in collo paucis, superficialibus. Annulus compositus, secedens.

Exostomii dentes infra orificium oriundi, subulati, rubri, remote articulati, minutissime papilloso vel sublaeves. Spori 0.01—0.008 mm, ferruginei, laeves. Operculum alte conicum vel longe rostratum.

Genus novum locum quasi medium inter *Weisiam* et *Hyophilam* tenens, ab hac sporogonio ab illa foliorum structura diversum.

C o n s p e c t u s s p e c i e r u m.

- A. Folia e basi spathulata obovato-oblonga, rotundato-obtusa. Theca sicca profunde plicata *W. plicata*.
- B. Theca indistincte plicata.
- Ba. Folia e basi spathulata oblongo-ligulata, obtusissima, apiculata. Theca oblonga.
- Ba I. Folia cellulis laminalibus minutissime papillosis. Seta c. 3 mm alta *W. japonica*.
- Ba II. Folia cellulis laminalibus leniter mamillosis. Seta c. 7 mm alta *W. Cardoti*.
- Bb. Folia linearia, obtusissima, cellulis laminalibus minutissime papillosis, subobscuris. Seta c. 7 mm alta. Theca ovalis *W. anomala*.
- Bc. Folia ligulata, breviter acuminata. Sporogonia ignota *W. coreensis*.

W. plicata (Mitt.) Broth. nov. comb.

Hyophila plicata Mitt. in Journ. Linn. Soc. XXII. p. 304 (1886);

H. subplicata Ren. et Card. in Act. Soc. Linn. Bord. 1898.

Usagara. Madagascar.

W. japonica Broth. n. sp.

Caespitosa, caespitibus densiusculis, viridibus. Caulis vix ultra 5 mm altus, basi fusco-radiculosus, dense et subaequaliter foliosus, dichotome ramosus. Folia patentia, e basi angustiore, breviter spathulata oblongo-ligulata, obtusissima, apiculata, usque ad 1.8 mm longa et usque ad 0.5 mm lata; cellulis laminalibus minutissime papillosis. Seta c. 3 mm alta. Theca oblongo-cylindrica, c. 1 mm longa, pallida, sicca indistincta plicatula. Operculum longe et oblique rostratum.

Hondo: Prov. Ise, Kawasaki-mura, Suzukagun, ad terram arenosam (H. S a s à o k a 31).

W. Cardoti Broth. nom. nov.

Hyophila weisiaeformis Card. in Bull. Herb. Boiss. 2:me sér. VII. p. 717 (1907).

Korea: Syon-Quen; ad muros (F a u r i e 309); An-pyen (611); ins. Quelpaert (476 p. p.).

Kiusiu: Tosa; Akinokawa; ad terram (T. Y o s h i n a g a 7); Tosa; Ogawa-mura (K. T a m u r a 53).

W. anomala (Broth. et Par.) Broth. nov. comb.

Hyophila anomala Broth. et Par. in sched.; Card. in Bull. Herb. Boiss. 2:me sér. VII. p. 717 (1907).

Pusiila, gregarie crescens, viridis vel fuscescenti-viridis. Caulis vix ultra 2 mm altus, basi fusco-radiculosus, dense foliosus, simplex. Folia erecto-patentia, inferiora minuta, superiora multo majora, linearia, rotundato-obtusa vel apiculata, usque ad 1.7 mm longa et c. 0.25 mm lata; cellulis leniter mammosis, subobscuris. Seta c. 7 mm alta. Theca minuta, ovalis. Peristomium minus evolutum. Operculum ignotum.

Korea: Hoang-hai-to (Faurie 642, 661). Japan: Tshushima (Faurie 1630).

W. coreensis (Card.) Broth. nov. comb.

Hyophila coreensis Card. in Bull. Herb. Boiss. 2:me sér. VII. p. 717 (1907).

Korea.

Didymodon (Erythrophyllum) obtusissimus Broth. n. sp.

Dioicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, fuscescenti-viridibus vel fuscescentibus, intus rubescentibus. Caulis erectus, usque ad 1.5 cm altus, inferne dense fusco-radiculosus, dense foliosus, dichotome ramosus, ramis fastigiatis. Folia sicca incurvo-adpressa, humida erecto-patentia, carinato-concava, e basi semivaginate lanceolata, obtusissima, usque ad 1.7 mm longa; nervo crasso, rufescente, infra summum apicem folii evanido, dorso superne scabro; cellulis laminalibus minutissimis, quadratis, verrucosis, subobscuris, basilaribus rectangularibus, teneris, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

Hondo: Prov. Rikoku; Mt. Hakkoda (E. I sh i b a 154).

Species inflorescentia dioica foliisque e basi semivaginate lanceolatis, rotundato-obtusis dignoscenda.

Barbula comosa Doz. et Molk.

var. *japonica* Broth. n. var.

Dioica; tenella, caespitosa, caespitibus laxiusculis, viridibus, opacis. Caulis erectus, 5 mm vel paulum ultra altus, basi fusco-radiculosus, dense foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca flexuoso-adpressa, humida erecto-patentia, carinato-concava, e basi truncata lanceolata, longe acuminata, acuta

vel \pm obtusa, usque ad 1.7 mm longa, marginibus anguste revolutis, integris vel summo apice denticulis paucis instructis; nervo continuo vel subcontinuo, laevi; cellulis minutis, quadratis, basin versus sensim longioribus, omnibus pellucidis, laevissimis. Seta vix ultra 5 mm alta, tenuis, rubra. Theca erecta, oblongo-cylindrica, c. 0.95 mm longa. Operculum sporangii longitudinis.

K i u s h i u: Prov. Higo; Kumamoto (Sh. Okamura 618).

Barbula (Helicopogon) planifolia Broth. et Yas. n. sp.

Dioica; robustiuscula, sordide glauco-viridis, inferne fuscescens. Caulis usque ad 2 cm vel paulum ultra altus, inferne parce radiculosus, densiuscule foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca adpressa apice incurvo, humida erecto-patentia, stricta, planiuscula, lingulata, obtusissima, mucronata, usque ad 3 mm longa et 0.7 mm lata, marginibus erectis, integerrimis; nervo crassiusculo, superne tenuiore, plerumque in mucronem brevissimum excedente; cellulis laminaribus minutissimis, dense papillois, obscuris, basilaribus breviter rectangularibus, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke (A. Yasuda 401).

Species *B. unguiculatae* (Huds.) Hedw. affinis, sed foliis obtusissimis, planiusculis, marginibus erectis dignoscenda.

Barbula unguiculata (Huds.) Hedw.

var. *proliqera* Broth. n. var.

Caulis propagulis plus minusve numerosis, axillaribus, oviformibus, 3—4 cellularibus, fuscis instructus. Folia obtusa, brevissime mucronata, marginibus erectis vel inferne anguste recurvis, nervo dorso scaberrimo.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Aoso (E. Iishiba 1599/1601).

Barbula (Hydrogonium) tosaënsis Broth. n. sp.

Dioica; gracilescens, caespitosa, caespitibus laxiusculis, glauco-viridibus, aetate fuscescentibus. Caulis usque ad 3 cm altus, inferne fusco-radiculosus, laxiuscule foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca incurvo-crispula, humida erecto-patentia, stricta, carinato-concava, anguste lanceolata, obtiuscula, rarius mucronatula, usque ad 2 mm longa, marginibus erectis vel basi anguste recurvis integerrimis vel summo apice dentibus paucissimis instructis; nervo crasso, infra

summum apicem folii evanido, superne dorso scabro, cellulis superioribus minutis, rotundatis, minutissime papillois, basilaribus breviter rectangularibus, laevissimis. Seta 1 cm vel paulum ultra alta, tenuis, sicca flexuosula, rubra. Theca cylindrica, deoperculata fuscescenti-rubra. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa, Ioki (S h. O k a m u r a 313). Hondo: Prov. Kotsuke (A. Y a s u d a 125, 223). Ubayu; 1400 m. (F a u r i e 2821). Chiba (M. G o n o III. 41).

Species foliis anguste lanceolatis, obtusiusculis, singulis mucronatulis, summo apice dentibus paucissimis instructis dignoscenda.

Barbula (Hydrogonium) Tamakii Broth. n. sp.

Dioica; gracilescens, caespitosa, caespitibus mollibus, laxis, glauco-viridibus. Caulis usque ad 3 cm altus, inferne parce fusco-radiculosus, laxiuscule foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca incurva, humida erecto-patentia, carinato-concava, lanceolato-ligulata, obtusissima, usque ad 2.5 mm longa, marginibus erectis, summo apice minute et obtuse denticulatis; nervo crasso, infra summum apicem folii evanido, dorso superne scabriusculo; cellulis superioribus quadratis, papillis altis instructis, basilaribus rectangularibus, laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Etigo; Sanegawa (K. T a m a k i in H e r b. E. I i s h i b a 1539).

Species *B. Ehrenbergii* (Lor.) Fleisch. affinis, sed foliis apice denticulatis, cellulis alte papillois dignoscenda.

Barbula (Hydrogonium) laevifolia Broth. et Yas. n. sp.

Dioica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus mollibus, laxiusculis, glauco-viridibus. Caulis usque ad 5 cm altus, inferne parce fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca flexuosula, humida erecto-patentia, stricta, carinato-concava, ovato-lanceolata, obtusa, usque ad 2.5 mm longa, marginibus ultra medium late revolutis, integerrimis; nervo crasso, infra summum apicem folii evanido, dorso laevi; cellulis laevissimis, superioribus quadratis, minutis, basilaribus rectangularibus, marginalibus laxioribus, limbum lutescentem, basi usque ad 8 seriatum, dein sensim angustiores efformantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke (A. Y a s u d a 183).

Species distinctissima, *B. Ehrenbergii* affinis, sed foliis marginibus late revolutis, limbatis facillime dignoscenda.

Anoetangium gymnostomoides Broth. et Yas. n. sp.

Dioicum; tenellum, caespitosum, caespitibus compactis, late extensis, laete viridibus. Caulis erectus, usque ad 5 mm vel paulum ultra altus, fusco-radiculosus, dense foliosus, dichotome ramosus. Folia sicca spiraliter contorta, humida erecto-potentia, carinato-concava, lineari-lanceolata, acuta, mucrone hyalino terminata, c. 0.9 mm longa, marginibus erectis, integerrimis; nervo infra summum apicem folii evanido, dorso scabro; cellulis minutissimis, rotundato-quadratis, dense papillois, obscuris, basilaribus majoribus, breviter rectangularibus, laevibus. Caetera ignota.

H o n d o: Nikko (A. Y a s u d a 10). Prov. Rikuzen; Shiogama (A. Y a s u d a 95).

Species tenella, habitu *Gymnostomo calcareo* Bryol. germ. similis.

Anoetangium didymodontoides Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus densis, fuscescenti-viridibus. Caulis erectus, usque ad 1 cm altus, fusco-radiculosus, dense foliosus, simplex vel dichotome ramosus. Folia sicca crispula, haud spiraliter contorta, humida erecto-potentia, carinato-concava, anguste lineari-lanceolata, anguste acuminata, mucronata, c. 1.1 mm longa, marginibus erectis, integerrimis; nervo subcontinuo, dorso scabro; cellulis minutissimis, rotundato-quadratis, dense papillois, subobseuris, basilaribus internis, majoribus, quadratis, vel breviter rectangularibus, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Rifu (H e r b. B o i s s i e r, sine indicatione collectoris).

Species *A. thermalis* Card. valde affinis, sed foliis anguste acuminatis, mucronatis dignoscenda.

Anoetangium spirale Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, lutescenti-viridibus. Caulis erectus, c. 1 cm altus, fusco-radiculosus, dense foliosus, dichotome ramosus vel simplex.

Folia sicca spiraliter contorta, humida erecto-patentia, carinato-concava, linearia, breviter acuminata, mucronata, c. 1.1 mm longa, marginibus erectis, integerrimis; nervo infra summum apicem folii evanido, dorso scabro; cellulis minutissimis, rotundato-quadratis, dense papillois, subobscuris, basilaribus internis breviter rectangularibus, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Ise; Yanagihara (S h. O k a m u r a 347).

Species *A. pulvinato* Mitt. valde affinis, sed foliis linearibus, breviter acuminatis, mucronatis, nervo subcontinuo nec lineari-lanceolatis, anguste acuminatis, nervo excurrente aristatulis dignoscenda.

Macromitrium (Macrocoma) Okamurae Broth. n. sp.

Autoicum; gracillimum, caespitosum, caespitibus densiusculis, rigidis, fuscescenti-viridibus, aetate atrofusces. Caulis elongatus, prostratus, parce radiculosus, dense foliosus, divisus, divisionibus elongatis, dense pinnatim ramosis, ramis brevibus, simplicibus vel longioribus, \pm ramulosis. Folia sicca arcte imbricata, humida patentia, carinato-concava, ovato-lanceolata, acuta, usque ad 1.1 mm longa et 0.35 mm lata, marginibus erectis, integerrimis; nervo infra apicem folii evanido; cellulis incrassatis, papillois, lumine rotundato vel ovali, infima basi ad nervum elongatis, angustis. Seta c. 3 mm alta, tenuis, rubra. Theca elliptica, microstoma, cinnamomea, sicca deoperculata indistincte plicata. Peristomium simplex internum, e membrana brevissima, hyalina, grosse papillosa composito. Spori 0.025—0.030 mm, viridissimi, laeves. Operculum longe rostratum. Calyptra valde pilosa.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Sendai; ad truncos arborum (E. U e m a t s u 137, 432 et E. I i s h i b a 269). Prov. Tojima, Kinosaki (G. K o n o 223). Prov. Kii, Mt Koya (S h. O k a m u r a 9).

Species *M. Perrottetii* C. Müll. affinis, sed seta brevi oculo nudo jam dignoscenda.

Macromitrium gymnostomum Sull. et Lesq.

var. *robustum* Broth. n. var.

A typo statura robustiore, foliis latioribus, seta 1 cm vel paulum ultra alta et theca majore differt.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Takakawa (S h. O k a m u r a 387).

Macromitrium (Leiostoma) comatum Broth. n. sp.

Gracilescens, caespitosum, caespitibus densiusculis, laete viridibus, aetate fusciscentibus, opacis. Caulis elongatus, repens, fusco-tomentosus, foliis plerumque destructis, dense ramosus, ramis erectis, vix ultra 1 cm longis, dense foliosis, simplicibus. Folia ramea sicca crispula, humida subrecurvopatula, carinato-concava, lanceolata, sensim anguste acuminata, c. 2.5 mm longa, marginibus erectis, integerrimis; nervo lutescente, continuo vel subcontinuo; cellulis laminalibus superioribus subrotundis, c. 0.010 mm, chlorophyllosis, grosse papillois, dein sensim longioribus, basilaribus elongatis, valde incrassatis, lumine angustissimo, ad plicas papillis grossis instructis. Bracteae perichaetii e basi late lanceolata longe et anguste acuminatae. Seta c. 5 mm alta, tenuis, rubra. Theca ovalis, deoperculata laevis, fusca. Peristomium destructum. Calyptra pilosissima.

H o n d o: Prov. Tojima; Kimosaki (G. K o n o 225).
Prov. Kii, sine loco designato (A. Y a s u d a 312 p. p.).
S h i k o k u: Prov. Tosa; Yanase (S h. O k a m u r a 167).

Species *M. comato* Mitl. affinis, sed foliorum forma papillisque humilioribus jam dignoscenda.

Tayloria (Eutayloria) argutidens Broth. et Yas. n. sp.

Dioica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus mollibus, laxiusculis, laete viridibus. Caulis erectus, usque ad 1.5 cm vel paulum ultra altus, inferne fusco-tomentosus, laxiuscule foliosus, simplex. Folia sicca parum contracta, humida erecto-patentia, carinato-concava, inferiora minora, dein sensim acerescens, e basi spathulata elliptica vel obovata, raptim in acumen elongatum, subulato-filiforme attenuata, usque ad 4 mm longa et 1 mm vel paulum ultra lata, marginibus erectis, superne argute serratis; dentibus singulis elongatis angustis, nervo tenui, viridi, ad basin subulae evanido; cellulis oblongo-hexagonis, teneris, chlorophyllosis, basilaribus elongate rectangularibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kai; Mt. Yatsugatake; ad truncum arboris (A. Y a s u d a 380).

Species cum *T. serrata* (Hedw.) Bryol. eur. et *T. Rudolphiana* (Hornsch.) Bryol. eur. comparanda, ab hac nervo ad basin subulae evanido, ab illa foliis in acumen subulato-filiforme attenuatis, ab ambabus foliis marginibus erectis, superne dentibus inaequalibus, singulis elongatis, angustis instructis dignoscenda.

Funaria (Entosthodon) lutschiana Broth. n. sp.

Tenella, gregarie crescens, pallide viridis. Caulis erectus, c. 3.3 mm altus, basi fusco-radiculosus, simplex. Folia infima perpauca, minuta, comalia multo majora, erecto-patentia, concaviuscula, spathulato-obovata, breviter acuminata, acuta, usque ad 2 mm vel paulum ultra longa et usque ad 0.95 mm lata, marginibus erectis, e medio ad apicem serrulatis, limbata, limbo lutescente, ex unica serie cellularum formato; nervo tenui, lutescente, longe infra apicem folii evanido; cellulis ovali-hexagonis, basilaribus elongate rectangularibus. Seta c. 1 cm alta, tenuis, rubra. Theca erecta, e collo sporangii longitudinis ovalis, c. 2 mm longa et c. 0.8 mm crassa, sicca sub ore paulum constricta, fusca. Peristomium 0. Spori 0.018—0.020 mm, fusci, minutissime verrucosi. Caetera ignota.

A r c h i p. L i u - K i u: Insula Amanii Oshima prope Naze (Rev. J. B. Ferrié in Herb. Levier 194).

Species *F. japonicae* Broth. affinis, sed foliis breviter acuminatis, argutius serratis, nervo longe infra apicem folii evanido dignoscenda.

Mielichhoferia (Eumielichhoferia) Sasaokae Broth. n. sp.

Dioica; gracilescens, caespitosa, caespitibus densis, fusco-tomentosis, lutescenti-viridibus, nitidiusculis. Caulis erectus, usque ad 2 cm altus, dense foliosus, simplex vel ramosus, ramis fastigiatis. Folia sicca imbricata, humida erecto-patentia, carinato-concava, inferiora minuta, superiora raptim multo majora, lanceolata, acuta, usque ad 2 mm longa et usque ad 0.3 mm lata, marginibus erectis, superne serratis; nervo firmo, continuo vel subcontinuo; cellulis anguste linearibus, basilaribus breviter rectangularibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Etchu; Mt. Kokurobe; ad rupes (H. S a s a o k a 264).

Species *M. nitidae* (Funck) Hornsch. affinis, sed statura robustiore foliisque elongate et anguste lanceolatis dignoscenda.

Anomobryum Yasudae Broth. n. sp.

Dioicum; robustum, caespitosum, caespitibus densiusculis, laete viridibus, nitidis. Caulis erectus, usque ad 4 cm altus, infima basi parce fusco-radiculosus, dense foliosus, simplex, propagulis gemmiformibus, axillaribus, foliolis ternis, incurvis, obtusiusculis instructis gerens. Folia sicca et humida imbricata, concava, ovata, obtusa, c. 1.7 mm longa et c. 1 mm lata, marginibus erectis, superne minutissime denticulatis; nervo basi latiusculo, dein tenuiore, subcontinuo; cellulis supremis linearibus, vix flexuosulis, haud incrassatis, basin versus sensim laxioribus, infimis plerumque rubescentibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke, sine loco designato (A. Y a s u d a 182).

Species *A. nitido* (Mitt.) Jaeg. affinis, sed statura robustiore foliisque latioribus, obtusis, nervo crassiore et cellulis laxioribus dignoscenda.

Anomobryum japonicum Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus laxis, lutescenti-viridibus, nitidis. Caulis erectus, 1 cm vel paulum ultra altus, inferne dense fusco-radiculosus, dense foliosus, ramis plus minusve numerosis, brevissimis, microphyllinis instructis. Folia sicca et humida imbricata, concava, e basi oblonga vel ovata breviter acuminata, acuta, c. 1 mm longa et usque ad 0.45 mm lata, marginibus erectis, integris; nervo tenui, continuo vel subcontinuo; cellulis superioribus linearibus, vix flexuosis, haud incrassatis, basilaribus raptim laxioribus, oblongis. Caetera ignota.

H o n d o: Nikko (H e r b. M a t s u m u r a 27).

Species *A. nitido* valde affinis, sed caule ramulis brevissimis, microphyllinis instructo peculiaris.

Webera (Lamprophyllum) densiretis Broth. n. sp.

Dioica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus densis, pallide viridibus, opacis. Caulis erectus, c. 5 cm altus, per totam longitudinem fusco-radiculosus, dense et aequaliter foliosus, plerumque simplex. Folia longe decurrentia, patula, sicca erectiora, carinato-concava, elongate lineari-lanceolata, 4—5 mm longa et usque ad 0.45 mm lata, marginibus anguste revolutis, superne argute serratis; nervo valido, rubro, infra summum apicem folii evanido; cellulis anguste linearibus, basilaribus laxioribus, teneris, rubescentibus. Seta 2—2.5 cm vel paulum ultra, crassiuscula, lutescenti-rubra, superne lutea. Theca nutans, c. 2.5 mm longa et c. 1.1 mm crassa, e collo crasso ovalis, immatura glaucoviridis. Annulus adest. Operculum alte convexum, apiculatum. Caetera ignota.

H o n d o: Sendai; ad terram (E. U e m a t s u 497, E. I s h i b a 534).

Species distinctissima, *W. scabridenti* (Mitt.) affinis, sed foliis multo longioribus, longe et anguste acuminatis, seta crassiore et thecae forma jam dignoscenda. Propagula haud visa.

var. *breviseta* Broth. n. var.

Caulis vix ultra 1.5 cm altus. Seta 1 cm vel paulum ultra alta, flexuosa. Theca minor.

H o n d o: Sendai; ad terram (E. I s h i b a 625).

Bryum (Aredodictyon) formosanum Broth. n. sp.

Dioicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densis, late extensis, pallidis, aetate fuscidulis, opacis. Caulis erectus, cum innovationibus vix ultra 5 mm, julaceus, fusco-tomentosus. Folia imbricata, cochleariformi-concava, caulina e basi late truncata sensim attenuata, obtusiuscula, usque ad 1.2 mm longa et 0.55 mm lata, marginibus erectis, integris vel subintegris; nervo tenui, rubescente, infra apicem folii evanido; cellulis teneris, elongate rhomboideis, basilaribus elongate oblongis, marginalibus angustis, limbum uniseriatum efformantibus. Folia innovationum minora, laxius areolata, ovalia, obtusa, nervo subcontinuo. Seta 1.5 cm vel paulum ultra alta, tenuis, rubra. Theca inclinata, cum collo sporangii longitudinis pyriformis, fusca, microstoma. Exosto-

mii dentes lanceolati, c. 0.35 mm longi, striolati, fusci, superne hyalini, minutissime papilloso, lamellis c. 20. Endostomium fuscoluteum, minutissime papillosum; corona basilaris humilis; processus anguste lanceolati, rimosi; cilia o. Spori 0.015—0.020 mm, viriduli, laeves. Operculum minutum, convexum, obtuse apiculatum.

F o r m o s a: Tooseikak (H e r b. M a t s u m u r a 27).

Species *Br. japonensi* (Besch.) Broth. valde affinis, sed foliorum forma dignoscenda.

Bryum (Leucodontium) cochleatum Broth. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, facillime dilabentibus, sordide viridibus vel rubescentibus, opacis. Caulis erectus, usque ad 2 cm altus, tenuis, rubescens, inferne parce fusco-radiculosus, laxe et aequaliter foliosus, simplex. Folia patentissima, sicca hand mutata, profunde cochleariformia, e basi longe decurrente orbicularia, rotundato-obtusa usque ad 0.75 mm longa, marginibus anguste incurvis, integerrimis; nervo tenuiusculo, rufescente, subcontinuo; cellulis laxissimis teneris, ovali-hexagonis, basilaribus oblongis, marginalibus angustis, limbum uniseriatum efformantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Chichibu; ad terram arenosam (M. G o n o V. 51).

Species pulcherrima, *Br. cyclophylo* (Schwaegr.) Bryol. eur. affinis, sed foliis siccitate haud mutatis, patentissimis, profunde cochleariformibus oculo nudo jam dignoscenda.

Bryum (Leucodontium) argyrobryoides Broth. et Par. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, rubescentibus, opacis. Caulis erectus, usque ad 3 cm altus, tenuis, rubescens, basi fusco-radiculosus, laxiuscule et aequaliter foliosus, simplex. Folia sicca haud mutata, laxe imbricata, humida suberecta vel erecto-potentia, profunde cochleariformi-concava, e basi longe decurrente ovalia vel breviter oblonga, obtusa, c. 0.75 mm longa et 0.38—0.4 mm lata, marginibus anguste incurvis, integerrimis; nervo tenui, rubescente, infra summum apicem folii evanido; cellulis laxissimis, teneris, ovali-vel oblongo-hexagonis, basilaribus oblongis, marginalibus angustis, limbum uniseriatum efformantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Miyokosan (F a u r i e 661).

Species praecedenti valde affinis, sed foliis suberectis vel erecto-patentibus, breviter oblongis vel ovalibus dignoscenda.

Bryum (Leucodontium) mollissimum Broth. et Yas. n. sp.

Robustiusculum, caespitosum, caespitibus laxis, mollissimis, facillime dilabentibus, sordide viridibus, opacis. Caulis erectus, vix ultra 1.5 cm altus, basi fusco-radiculosus, laxe et aequaliter foliosus, simplex. Folia patula, sicca vix mutata, cochleariformi-concava, e basi longe decurrente ovalia, rotundato-obtusa, marginibus erectis, integerrimis, usque ad 2.5 mm longa et 1,2 mm lata; nervo tenuiusculo, longe infra apicem folii evanido; cellulis laxis, teneris, ovali-hexagonis, basilaribus oblongis vel rectangularibus, marginalibus angustis, limbum 1—2 seriatum effermantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke, sine loco designato (A. Y a s u d a 348).

Species praecedentibus affinis, sed statura multo majore foliisque minus concavis jam dignoscenda.

Bryum ventricosum Dicks.

var. *vestitum* Broth. n. var.

Dioicum; robustiusculum, caespitosum, caespitibus densiusculis, viridibus, opacis. Caulis erectus, usque ad 7 cm altus, inferne fusco-tomentosus, superne filis pluricellularibus, fuscis, \pm numerosis vestitus. Folia subaequalia, longe decurrentia, sicca contracta, humida erecto-patentia vel patentia, carinato-concava, oblongo-elliptica, c. 2.5 mm longa et usque ad 0.9 mm lata, marginibus erectis vel anguste revolutis, apice serrulatis; nervo breviter excedente; limbo 2—3 seriato. Sterile.

H o n d o: Prov. Kai; Mt. Minobu (K. T a m u r a 13).

Prov. Kii; Mt Kōya (H. N a k a n i s h i k i 33, 55). Prov. Ise; Ohnoki (E. U e m a t s u 360). Prov. Yamashiro; Hiye-san (G. K o n o 28).

Y e z o: Sapporo (K. Miyabe 116).

Bryum (Pseudotriquetra) Gonoï Broth. n. sp.

Dioicum; robustiusculum, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, sordide viridibus, opacis. Caulis erectus, usque ad 1.5 cm altus, basi fusco-tomentosus, superne filis pluri-

cellularibus, fuscis instructus inferne laxiuscule, superne dense foliosus, simplex. Folia decurrentia, sicca contracta et flexuoso-adpressa, humida patentia, concava, inferiora minor, ovalia, superiora oblonga, obtusa, 2, 5—3 mm longa, marginibus inferne anguste revolutis, e medio ad apicem minutissime et obtuse serrulatis, limbata; nervo rufescente, subcontinuo; cellulis laxis, ovali-hexagonis, basilaribus multo majoribus, oblongis, infimis rarius rubescentibus, marginalibus angustis, limbum 1—2 seriatum, lutescentem efformantibus. Bractee perichaetii elongate ligulata, obtusa, cellulis oblongis. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa; ad terram (M. G o n o 192).

Species *Br. neodamensi* forsitan affinis, sed foliis marginibus inferne revolutis, superne serrulatis, limbo angustiore bracteisque perichaetii elongate ligulatis, obtusis jam dignoscenda.

Bryum (Alpiniformia) nanoalpinum Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, viridibus, aetate fusciscenti-viridibus, nitidiusculis. Caulis erectus, cum innovationibus vix ultra 5 mm altus, basi fusco-tomentosus, dense foliosus. Folia sicca imbricata, humida erecto-patentia, carinato-concava, e basi haud angustiore lanceolata, longe acuminata, aristata, usque ad 2 mm longa et c. 0.5 mm lata, marginibus anguste revolutis, integris; nervo rufescente, breviter excedente; cellulis anguste rhomboideis, basilaribus laxioribus, rectangularibus vel oblongis, infimis rubris. Seta c. 2 cm alta, rubra. Theca nutans vel subnutans, c. 3 mm longa et c. 1.4 mm crassa, e collo sporangii longitudinis ovalis, pachydermis, sicca deoperculata sub ore haud constricta, fusca. Peristomium *Br. alpini*. Caetera ignota.

H o n d o: Nikko (M. G o n o VI. 12).

Species a *Br. alpino* Huds. aliisque affinibus statura gracili foliisque e basi haud angustiore lanceolatis, longe acuminatis, marginibus anguste revolutis, cellulis angustioribus dignoscenda.

Mnium (Serratae) microblastum Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus densiusculis, viridissimis, opacis. Caulis erectus, usque ad 1 cm altus, basi

fusco-tomentosus, dense foliosus, simplex seu innovationibus elongatis, arcuatis, apice radicanibus. Folia decurrentia, sicca valde contracta et crispula, humida erecto-patentia, planiuscula, obovata, aristata, accrescentia, comalia c. 3 mm longa et usque ad 1.3 mm lata, marginibus erectis, superne serratis, dentibus unicellularibus; nervo basi valido, dein multo tenuiore, in aristam usque ad 0.3 mm longam, laevem excedente; cellulis rotundato-hexagonis, in medio folii c. 0.015 mm, marginalibus anguste linearibus, limbum 4 seriatum, luteum efformantibus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Izu; Isl. Hatigyō (S. T a n a k i in Herb. E. I i s h i b a 1524).

Species *M. trichomani* Mitt. valde affinis, sed statura minore foliisque latius limbatis, aristatis dignoscenda.

Mnium (Serratae) Nakanishikii Broth. n. sp.

Dioicum; robustum, caespitosum, caespitibus densiusculis, rigidis, viridibus, opacis. Caulis crassus, e basi longe repente, fusco-tomentoso erectus, densiuscule foliosus, ramosus, ramis brevibus, erectis, vel longioribus, repentibus, complanatis. Folia scariosa, decurrentia, sicca contracta et flexuosa, humida patula, planiuscula, ovalia, usque ad 14 mm longa et 7 mm lata, rotundato-obtusa, emarginata, mutica vel apiculo terminata, marginibus erectis, ubique dense et minute denticulatis; nervo basi valido dein sensim angustiore, infra summum apicem folii evanido, fasciculo stereidearum dorsali; cellulis laminalibus, in seriebus obliquis dispositis, ovali-hexagonis, mediis internis 0.032—0.040 mm longis, externis et superioribus minoribus, marginalibus laxe linearibus, limbum 2 seriatum, indistinctum efformantibus. Sporogonia 1—2 ex eodem perichaetio. Seta 3.5—4 cm alta, crassa, rubra. Theca horizontalis vel subnutans, e collo brevi oblonga, c. 6 mm longa, pallida. Operculum e basi convexa rostratum.

H o n d o: Prov. Yamashiro; Hiye-san (G. K o n o 91).

S h i k o k u: Prov-Tosa, Mt. Kuishi (H. N a k a n i s h i k i III. 24); Sōgauchi (S h. O k a m u r a 397); Takakawa (S h. O k a m u r a 488); Tosa (M. G o n o 190, 193, 201); Kohasu (S h. O k a m u r a 251); Asemi (E. U e m a t s u 180).

Species foliis limbo e cellulis laxis instructo jam dignoscenda.

Aulacopilum japonicum Broth. n. sp.

Autoicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus laxiusculis vel laxis, mollissimis, late extensis, viridissimis, opacis. Caulis elongatus, repens, fusco-radiculosus, dense et complanate foliosus, cum foliis usque ad 1.7 mm latus, dense ramosus, ramis vix ultra 3 mm longis, complanatis, simplicibus, obtusis. Folia patula, concaviuscula, dorsalia asymmetrica, ovata, acuta, ventralia symmetrica, lanceolata; cellulis hexagono-rotundatis vel subquadratis, 0.020—0.025 mm, dense et minute papillois. Bractee perichaetii internae erectae, breviter lanceolato-acuminatae. Seta c. 1.1 mm alta, pallida. Theca ovalis, c. 0.8 mm longa, macrostoma, pallida. Spori c. 0.030 mm, virides, minutissime papilloi. Operculum plano-convexum, breviter rostratum. Calyptra indistincte contorta.

K o r e a: Quelpaert Island; Hongno (F a u r i e 269).

H o n d o: Hiroshima; Miyajima (G. K o n o 49). Settsu; Mt. Maya (S h. O k a m u r a 690). Prov. Hinga; Miyasaki (T. H i r o t u i n H e r b. I s h i b a 1474). K i u s h i u: Higo; Kumamoto (S h. O k a m u r a 587). Tosa; Kochi (S h. O k a m u r a 232, 345).

Species pulcherrima, cum *A. abbreviato* Mitt. comparanda, sed statura multo majore foliisque laxe areolatis dignoscenda.

Pterobryum subarbuscula Broth. n. sp.

Robustiuserculum, sordide lutescenti-viride, opacum. Caulis primarius repens. Caules secundarii usque ad 9 cm alti, stipitati, stipite usque ad 2 cm longo, foliis squamaeformibus, adpressis, dein dense foliosi, dense pinnatim ramosi, ramis patentibus, plerumque simplicibus, vix ultra 1 cm longis, singulis elongatis, plus minusve ramulosis. Folia sicca plicatula, humida erecto-potentia, homomalla, e basi ovato-vel oblongo-lanceolata elongate loriformia, breviter acuminata, usque ad 3.5 mm longa et usque ad 0.8 mm lata, marginibus erectis e medio minute, apice argute serratis; nervo longe infra apicem folii evanido; cellulis laminalibus linearibus,

basilaribus infimis abbreviatis, fusco-aureis, alaribus haud diversis. Caetera ignota.

F o r m o s a: Prov. Nanto; Mt. Kiraishu; ad truncos emortuos (Y. S h i m a d a in H e r b. H. S a s a o k a 1346).

Species *P. arbusculae* Mitt. valde affinis, sed foliorum forma dignoscenda.

Pirella (Pseudorthostichella) formosana Broth. n. sp.

Gracilescens, sordide viridis, nitidiuscula. Caulis primarius elongatus, repens. Caules secundarii inter se remoti, usque ad 5 cm alti, stipitati, stipite usque ad 2 cm longo, foliis squamaeformibus plerumque destructis, dein dense pinnatim ramosi, ramis patentibus, dense foliosis, obtusis, inferioribus usque ad 2 cm longis, pinnatim ramulosis, superioribus brevioribus, simplicibus. Folia caulina erecto-patentia, concava, oblongo-lanceolata, anguste acuminata, c. 2 mm longa et c. 0.6 mm lata, marginibus erectis, integris; nervo tenui, continuo vel subcontinuo; cellulis laminalibus anguste linealibus, haud incrassatis, basilaribus abbreviatis, aureis, alaribus haud diversis. Folia ramea minora et angustiora, apice minutissime serrulata. Bractee perichaetii pallidae, e basi alte vaginante raptim in laminam anguste lanceolato-subulatam, subintegram attenuatae. Seta 1 cm vel paulum ultra alta, tenuissima, rubra. Theca erecta, ovalis c. 2.5 mm longa et usque ad 1.5 mm crassa, pachydermis, microstoma, fusca. Caetera ignota.

F o r m o s a: Prov. Akô, Mt. Akôfuji (Y. M a t s u d a in H e r b. H. S a s a o k a 1251). Mt. Daibu (Y. M a t s u d a in H e r b. H. S a s a o k a 1277), Ariko (Y. M a t s u d a in H e r b. H. S a s a o k a 1302).

Species *P. Pohlii* (Schwaegr.) Card. affinis, sed statura robustiore, foliis basi haud subcordatis nec non theca majore dignoscenda.

Calyptothecium (Pseudosquarridium) formosanum Broth. n. sp.

Robustiusculum, caespitosum, caespitibus densiusculis, rigidis, viridibus, nitidiusculis. Caulis primarius repens, per totam longitudinem hic illic fasciculatim fusco-radiculosus. Caules secundarii approximati, vix ultra 4 cm alti, dense

foliosi, haud complanati, simplices vel subsimplices, obtusi. Folia undique horride patula, haud undulata, e basi cordata, alis circinatis late ovata, raptim breviter et anguste acuminata, acumine saepe semitorto, c. 2.5 mm longa, marginibus e medio ad apicem serrulatis; nervo tenui, longe infra apicem folii evanido; cellulis laminalibus anguste linearibus, basilariibus infimis laxis, abbreviatis, aureis, alaribus minutis, oblongis, hyalinis. Caetera ignota.

F o r m o s a: Prov. Akô, Raisha (Y. M a t s u d a in H e r b. H. S a s a o k a 1257).

Species distinctissima, a *C. Hookeri* (Mitt.) Broth. caulibus secundariis simplicibus vel subsimplicibus foliisque uninnerviis, cellulis laminalibus longioribus facillime dignoscenda.

Neckera (Euneckera) Konoï Broth. n. sp.

Dioica; robustiuscula, viridis; nitida. Caules secundarii usque ad 8 cm longi, dense et complanate foliosi, cum foliis c. 4 mm lati, pinnatim ramosi, ramis erecto-patentibus, usque ad 2 cm longi, complanati, \pm longe attenuati. Folia octofaria, undulata, lateralialia erecto-patentia, concava, asymmetrica, e basi paulum latiore ligulato-lanceolata, breviter acuminata, usque ad 2.8 mm longa, apice minutissime serrulata; nervo simplici, ultra medium folii evanido; cellulis laminalibus anguste rhombeis, haud incrassatis, basilariibus linearibus, inter se porosis, infimis aureis, alaribus vix diversis. Bractee perichaetii internae erectae, sensim lanceolato-acuminatae, integrae. Seta 5 mm alta, tenuis, lutea. Theca oblonga, deoperculata fusciorubra. Caetera ignota.

H o n d o: Mt. Komagatake (F a u r i e 3554). *S h i k o k u*: Mt. Ishizuchi (G. K o n o 257).

Species *N. brachycladae* Besch. affinis, sed ramis longioribus, magis complanatis, \pm longe attenuatis foliorumque forma jam dignoscenda.

Neckera (Cryptopodia) Uematsui Broth. n. sp.

Dioica; robusta, caespitosa, caespitibus densiusculis, viridibus, aetate \pm fusciscentibus, nitidis. Caules secundarii procumbentes, usque ad 9 cm vel paulum ultra longi, dense et turgide foliosi, dense pinnatim ramosi, ramis patentibus, plerumque vix ultra 1 cm longis, simplicibus, obtusis, singu-

lis longioribus, \pm ramulosis. Folia octofaria, sicca imbricata, indistincte undulata, humida lateralia erecto-patentia, concava, asymmetrica, ligulata vel e basi latiore oblongo-ligulata, raptim acuta, integra vel apice minutissime serrulata, usque ad 3 mm longa; nervo simplici, ultra medium folii evanido; cellulis laminalibus rhombeis, superioribus lumine ovali, dein sensim longioribus et angustioribus, basilaribus linearibus, infimis brevioribus, inter se porosis, aureis, alaribus sat numerosis, ovalibus, fusco-aureis, in ventrem dispositis. Bracteae perichaetii internae erectae, thecam longe superantes, sensim lanceolato-acuminatae, integrae; theca minuta, deoperculata fusca. Caetera ignota.

K o r e a: Ins. Quelpart (F a u r i e 208).

H o n d o: Prov. Rikuchyu; Mt. Sukawa (E. U e m a t s u 63). Mt. Hayatine (E. U e m a t s u 76). Prov. Kii; Mt. Koya (A. Y a s u d a 318).

Species distinctissima, cum nulla alia commutanda, habitu *N. turgidae* Jur. similis, sed paraphylliis nullis foliorumque forma dignoscenda.

Thamnium grandirete Broth. et Yas. n. sp.

Species *Th. Sandei* Besch. habitu simillima, sed foliis anguste oblongis vel ovato-oblongis, cellulis superioribus duplo majoribus dignoscenda.

H o n d o: Prov. Kōzuke; Mt. Nabewari (A. Y a s u d a 435). Sterile.

Thamnium planifrons Broth. et Yas. n. sp.

Robustiusculum, viridissimum, opacum. Caules secundarii breviter vel longius stipitati, dense pinnatim ramosi, ramis patulis, usque ad 2 cm vel paulum ultra longis, valde complanatis, cum foliis usque ad 3 mm latis, simplicibus vel parce ramulosis, attenuatis vel obtusis. Folia ramea patula, concava, ovato-oblonga, acutiuscula, inferne minute, apice argute dentata; nervo crasso, viridi, infra summum apicem folii evanido, dorso superne dentibus paucis instructo; cellulis superioribus minutis, angulato-ovalibus, dein sensim longioribus, basilaribus linearibus, omnibus laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Tajima; ad saxa submersa cataractae (A. Y a s u d a 442).

Species ramis valde complanatis oculo nudo jam dignoscenda, habitu *Rhynchostegiis* nonnullis sat similis.

Clastobryum Kato Broth. n. sp.

Robustum, caespitosum, caespitibus mollibus, densis, late extensis, lutescenti-vel fusciscenti-viridibus, sericeis. Caulis elongatus, repens, parce radiculosus, densiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis erectis, brevissimis vel usque ad 5 mm longis, in axillis foliorum propagulis filiformibus, pluricellularibus, fuscis, minutissime papillosis instructis, teretibus, simplicibus, obtusis. Folia ramea sicca imbricata, humida erecto-patentia, cochleariformi-concava, infima minuta, superiora raptim multo majora, late ovalia, raptim in acumen angustum lanceolato-subulatum attenuata, marginibus erectis vel basi angustissime recurvis, superne integris vel minutissime serrulatis; enervia, vel brevissime binervia; cellulis anguste linearibus, inter se porosis, alaribus paucis, subvesiculosus, fuscis, caulina multo minora, falcatula, e basi ovata elongate lanceolato-subulata, integra. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Omi; Mt. Kannonji (T. K a t o in H e r b. E. I i s h i b a 1399).

Species pulcherrima, statura robusta a congeneribus prima fronte dignoscenda.

Clastobryum Tsunodae Broth. et Yas. n. sp.

Autoicum; gracillimum, caespitosum, caespitibus mollibus, densis, pallide viridibus, aetate fuscidulis, sericeis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fasciculatim fusco-radiculosus, dense foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis adscendentibus, dense foliosis, teretibus, plus minusve ramulosis, ramulis in axillis foliorum propagulis filiformibus, plus minusve numerosis, pluricellularibus, fuscis, minutissime papillosis instructis. Folia suberecta, concava, e basi ovata lanceolato-subulata, marginibus basi recurvulis, superne minutissime serrulatis; enervia; cellulis angustissime linearibus, basilaribus infimis brevioribus et laxioribus, aureis, alaribus paucis vesiculosus, aureis. Caetera ignota.

H o n d o: Mt. Akagi; ad truncum putridum (K. T s u -
n o d a in H e r b. A. Y a s u d a 141).

Species statura gracillima foliisque e basi ovata lanceolato-
subulatis jam dignoscenda.

Entodon macrosporus Broth. n. sp.

Autoicus? robustiusculus, pallide viridis, hic illic rufescens,
nitidiusculus. Caulis ad 9 cm usque longus, inferne repens,
dein pendulus, laxiuscule foliosus, pinnatim ramosus, ramis
densiuscule foliosis, complanatis, inferioribus confertis, ad-
seendentibus, usque ad 1 cm longis, plerumque arcuatulis,
superioribus brevioribus, omnibus simplicibus, attenuatulis
vel obtusis. Folia cochleariformi-concava, ramea erecto-
patentia, oblonga, raptim in acumen subulatum attenuata,
marginibus inferne recurvis, superne minutissime serrulatis;
nervis binis, brevibus, tenuibus; cellulis angustissime lineari-
bus, alaribus in seriebus nonnullis, alte productis quadratis,
haud incrassatis, hyalinis, omnibus laevissimis. Bractea
perichaetii internae erectae, alte vaginantes, in acumen
lanceolato-subulatum attenuatae. Seta 1 cm alta, tenuissima,
rubra, sicca dextrorsum torta, laevissima. Theca erecta,
minuta, subglobosa, microstoma, fusca. Annulus latus, revo-
lubilis. Peristomium duplex. Exostomii dentes anguste
lanceolati, c. 0.32 mm longi, purpurei, papilloi, lamellis pro-
minentibus. Endostomium luteum, papillosum; corona basi-
laris humilis; processus breviores, angusti, erosi. Spori
0.045—0.050 mm, viridissimi, papilloi. Operculum e basi
conica longe oblique subulatum.

H o n d o: Higane, ad ramulos (S a k u r a i 359).

Species distinctissima, a congeneribus omnibus theca sub-
globosa, microstoma sporisque maximis diversa.

Entodon (Erythropus) Okamurae Broth. n. sp.

Autoicus; robustiusculus, caespitosus, caespitibus densis,
mollibus, laete viridibus, plerumque cupreo-variegatis, niti-
dis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic
illic fasciculatim fusco-radiculosus, densiuscule ramosus,
ramis procumbentibus, dense foliosis, haud complanatis,
brevioribus, simplicibus, breviter attenuatis vel longioribus,
pinnatim ramulosis. Folia sicca imbricata, humida erecto-

patentia, cochleariformi-concava, e basi brevi, coarctata oblonga, angulo obtuso terminata, usque ad 1.9 mm longa, integra, brevissime binervia; cellulis angustissime linearibus, alaribus numerosis, quadratis. Bractee perichaetii internae e basi vaginante sensim breviter lanceolato-subulatae. Seta 1.5 cm alta, tenuis, rubra. Theca cylindracea, c. 3 mm longa et c. 1.1 mm crassa, deoperculata fusca. Exostomii dentes lanceolati, transverse, superne oblique et longitudinaliter striolati, purpurei. Endostomium luteum, laeve; processus anguste lineares, carinati, rimosi. Spori c. 0.015 mm, virides, laeves. Operculum e basi conica oblique, rostratum.

H o n d o: Sendai; ad terram (E. I i s h i b a 604, 611). Prov. Rikuzen; Hyrose; ad terram (E. U e m a t s u 103) et Taihakusan (E. U e m a t s u 535). Prov. Musashi; Mt. Takao (K. S a k u r a i 112). Prov. Rikuchu; Ide (C. W a k a w a in Herb. E. I i s h i b a 688). Prov. Kotsuke; Mt. Komochi (A. Y a s u d a 43, 45). Prov. Sinano; Oyati (Z. O h i n a t a in Herb. E. I i s h i b a 1440). S h i k o k u: Tosa; Takakawa (S h. O k a m u r a 454) et Nanatu-Buchi (S h. O k a m u r a 487).

Species *E. attenuato* Mitt. affinis, sed statura robustiore foliisque angulo obtuso terminatis dignoscenda.

Entodon (Erythropus) Sakurii Broth. n. sp.

Autoicus; gracilescens, caespitosus, caespitibus densis, laete viridibus, sericeo-nitidis. Caulis elongatus, repens, dense ramosus, ramis usque ad 3 cm longis, dense foliosis, valde complanatis, cum foliis c. 2 mm latis, haud attenuatis, obtusis, plus minusve ramulosis. Folia ramea erecto-patentia, concava, e basi brevi, contracta oblongo-elliptica, anguste lanceolato-acuminata, c. 2 mm longa et c. 0.6 mm lata, marginibus basi anguste revolutis, acumine minutissime serrulatis; breviter binervia; cellulis laxiuscule linearibus, alaribus sat numerosis, quadratis. Bractee perichaetii internae e basi vaginante sensim lanceolato-subulatae, subintegrae. Seta c. 7 mm alta, tenuis, rubra. Theca oblonga, c. 2 mm longa et c. 0.7 mm crassa, fusca. Exostomii dentes lanceolati, rubiginosi, minutissime papilloso, haud striolati, dense lamellosi, lamellis altis, lateraliter prominentibus. Endostomium

rudimentarium, exostomio adhaerens. Spori 0.020—0.022 mm, virides, minutissime papilloși. Operculum e basi conica breviter rostratum.

H o n d o: Mt. Otome; ad truncos putridos (K. S a k u r a i 323).

Species *E. Ohinatae* Sh. Okam. affinis, sed foliis minutissime serrulatis, seta multo brevior, lamellis dentium lateraliter prominentibus et endostomio adhaerente dignoscenda.

Anacamptodon japonicus Broth. n. sp.

Autoicus; robustiusculus, caespitosus, caespitibus densis, laete viridibus, aetate fusciscenti-viridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, dense foliosus, dense ramosus, ramis erectis vel adscendentibus, vix ultra 3 mm longis, simplicibus, obtusis. Folia erecto-patentia, caulina sursum spectantia, concava, ovato-lanceolata, anguste acuminata, usque ad 1 mm longa et usque ad 0.3 mm lata, marginibus erectis, integris vel subintegris; nervo crasso, viridi, continuo vel subcontinuo; cellulis oblongo-hexagonis, alaribus quadratis, marginalibus angustis, limbum pauciseriatum, viridem efformantibus. Bractee perichaetii internae erectae, pallidae, majores, vaginantes, raptim in acumen anguste lanceolatum attenuatae, superne minutissime serrulatae; nervo tenui, ultra medium evanido; cellulis angustis. Seta vix ultra 6 mm alta, lutescenti-rubra. Theca erecta, c. 1.7 mm longa, e collo brevi, crasso ovalis, pachydermis, pallida, sicca deoperculata sub ore constricta. Exostomii dentes late lanceolati, sensim attenuati, fusciduli, dense papilloși et striolati. Endostomium laeve; processus filiformes. Spori c. 0.010 mm, lutescentes, laeves. Operculum e basi convexa breviter obtuse rostratum.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Mt. Izumi (E. I s h i b a 141, 142). Prov. Kotzuke, sine loco designato (K. T s u n o d a 392).

Species distinctissima *A. amblystegjoidi* Card. affinis, sed statura robustiore foliisque limbatis, nervo crasso, continuo vel subcontinuo instructis dignoscenda.

Tripterocladium robustulum Broth. n. sp.

Dioicum? robustulum, caespitosum, caespitibus densis, fusciscenti-viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, foliis

plerumque destructis, dense ramosus, ramis adscendentibus, siccis arcuatis, dense et complanate foliosis, dense subpinnatim ramulosis, obtusis. Folia ramea et ramulina homomalla, concaviuscula, ovato-lanceolata, usque ad 1 mm longa et c. 0.3 mm lata, marginibus inferne late subrecurvis, apice minutissime denticulatis; brevissime binervia vel enervia; cellulis breviter linearibus, flexuosulis, apice papillose exstante, alaribus numerosis, minutis, quadratis, subobscuris. Bracteae perichaetii internae e basi vaginante lanceolatae, longe acuminatae, superne serrulatae. Seta c. 1 cm alta, tenuis, rubra. Theca erecta vel suberecta, subregularis, oblongo-cylindrica, fuscidula, sicca deoperculata sub ore haud constricta. Annulus angustus, secedens. Exostomii dentes lanceolati, lutei, striolati, dense lamellati. Endostomium sordide hyalinum, minutissime papillosum; processus late lanceolati, carinati; cilia bina, bene evoluta, nodulosa. Operculum oblique rostratum.

S h i k o k u: Prov. Tosa: Yanase (S h. O k a m u r a 168).

Species distinctissima, statura, robustiore, ramis siccis arcuatis operculoque rostrato a congeneribus oculo nudo jam dignoscenda.

Tripterocladium japonicum Broth. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus laxis, depressis, lutescenti-viridibus, opacis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, dense ramosus, ramis patentibus, strictis, dense et complanate foliosis, subpinnatim ramulosis, obtusis. Folia ramea et ramulina sicca imbricata, humida suberecta, concava, ovata, anguste breviter lanceolato-acuminata, vix ultra 0.75 mm longa et 0.3 mm lata, marginibus erectis, minutissime denticulatis; brevissime binervia vel enervia; cellulis laxiuscule linearibus, apice papillose exstante, alaribus numerosis, minutis, quadratis. Caetera ignota.

H o n d o: Yokohama; ad radices arborum (W i c h u r a 1453 u).

Species *T. leucocladulo* (C. Müll.) Kindb. valde affinis,

sed foliorum forma cellulisque laminalibus laxioribus dignoscenda.

Cyathophorella Aoyagii. Broth. n. sp.

Dioica; tenella, mollis, viridis, opaca; caulis primarius brevis, fusco-radiculosus. Caules secundarii usque ad 2 cm vel paulum ultra alti, cum foliis usque ad 3 mm lati, densiuscule foliosi, obtusi, simplices vel pinnatim ramosi, ramis erecto-patentibus, usque ad 5—10 mm longis, obtusis. Folia caulina patentia, asymmetrica, ovata, breviter acuminata, acuta, usque ad 2.5 mm longa et usque ad 0.8 mm lata, marginibus erectis, superne minute et inaequaliter serratis; nervo infra medium folii evanido, simplici vel superne furcato; cellulis laxis, rhomboideo-hexagonis (2 : 1 vel 3 : 1). Amphigastria minuta, e basi ovata sensim breviter lanceolato-acuminata, marginibus erectis, superne minute serrulatis; nervo brevi, simplici. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Izu; Rendajimura (S. A o y a g i in H e r b. I i s h i b a 572).

Species distinctissima, *C. parvifoliae* (Bryol. jav.) Fleisch. affinis, sed caule pinnatim ramoso, foliis brevius acuminatis amphiastris superne serrulatis, nervo instructis dignoscenda.

Cyathophorella japonica Broth. n. sp.

Dioica; robustiuscula, mollis, lutescenti-viridis, opaca. Caulis primarius fusco-tomentosus; caules secundarii usque ad 4 cm alti, cum foliis usque ad 8 mm lati, densiuscule foliosi, caudiformiter attenuati ibidemque propagulis filiformibus numerosis, pluricellularibus instructi, simplices. Folia faciliter emollita, patentia, asymmetrica, late ovata, in acumen lanceolato-subulatum attenuata, usque ad 5 mm longa et 2 mm lata, superne spinoso-serrata, dentibus unicellularibus, inferioribus brevioribus; nervo brevissimo, bifurco; cellulis oblongo-hexagonis (3 : 1 vel 4 : 1), marginalibus linearibus, limbum angustissimum, lutescentem efformantibus; amphigastria minuta, ovalia, raptim in acumen elongatum, subulatum attenuata, usque ad 1.7 mm longa et 0.75 mm lata, integra, enervia. Caetera ignota.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Mt. Honokawa (S h. O k a m u r a 673).

Species *C. Adiantho* (Griff.) Fleisch. et *C. spinosae* (C. Müll.) Fleisch. affinis, sed ab ambabus amphigastriis integris, enerviis jam dignoscenda.

Miyabea thuidioides Broth. n. sp.

Dioica; robustiuscula, rigida, viridis, aetate fuscescenti-viridis. Caulis repens, usque ad 10 cm longus, per totam longitudinem fusco-radiculosus, laxiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, densiuscule et complanate foliosis, simplicibus, vix ultra 1 cm longis, singulis longioribus pinnatim ramulosis. Folia sicca imbricata, humida patula, e basi breviter decurrente ovata vel ovali breviter acuminata, angulo acuto vel acutiusculo terminata, marginibus inferne anguste revolutis, integris vel summo apice minutissime denticulatis; nervo tenui, paulum ultra medium folii producto; cellulis minutis, incrassatis, lumine ovali, basilaribus internis elongatis, alaribus numerosis, incrassatis, lumine plerumque transverso, omnibus laevissimis. Caetera ignota.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Mt. Kuishi (H. N a k a n i s h i k i III. 1).

Species a congeneribus adhuc cognitis statura robustiore jam dignoscenda, habitu *Thuidio abietino* (L.) Bryol.eur. sat similis.

Haplohymenium obsoletinerve Broth. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus laxiusculis, depressis, sordide atroviridibus. Caulis elongatus, substrato arcte adpressus, foliis \pm destructis, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, laxiuscule foliosis, valde complanatis, brevibus, simplicibus vel longioribus, ramulosis, obtusis. Folia ramea patula, e basi haud vel paulum latiore anguste ligulata, rotundato-obtusa, c. 0.4 mm longa, integerrima; nervo obsoleto, rarius distincto, ad medium folii evanido; cellulis rotundatis, c. 0.007 mm, chlorophyllosis, minute papillosis. Caetera ignota.

H o n d o: Chiba, ad corticem arboris (M. G o n o IV. 25).

Species ramis laxiuscule foliosis, valde complanatis foliisque patulis, anguste ligulatis faciliter dignoscenda.

Haplohymenium piliferum Broth. et Yas. n. sp.

Gracillimum, caespitosum, caespitibus laxis, depressis, fuscis. Caulis elongatus, filiformis, divisus, divisionibus elongatis, dense foliosis, teretibus, dense ramosis, ramis vix ultra 5 mm longis, teretibus. Folia sicca imbricata, humida erecto-patentia, concava, biformia, plerumque e basi late ovata in acumen elongatum, piliforme vel lanceolato-subulatum, integrum, raro in laminam ligulatam, obtusam attenuata; nervo elongato, in acumine evanido; cellulis rotundatis, c. 0.007 mm, papilla media humili instructis. Caetera ignota.

H o n d o: Mt. Akagi (K. T s u n o d a in Her b. A. Y a s u d a 34).

Species *H. bifirmi* Broth. valde affinis, sed foliis papillis humilibus instructis dignoscenda.

Haplohymenium Gonoï Broth. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus laxiusculis, depressis, laete viridibus, aetate lutescenti-viridibus. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, dense foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis brevissimis, vix ultra 2 mm longis, teretibus, singulis longioribus, breviter ramulosis. Folia sicca subimbricata, humida patentia vel patula, ovato-lanceolata, anguste acuminata, usque ad 1 mm longa, integerrima; nervo ad medium folii evanido; cellulis rotundatis, c. 0.007 mm, chlorophyllosis, minute papillosis, basilaribus internis paucis anguste oblongis, lutescentibus, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa; ad corticem arboris (M. G o n o 189).

Species foliorum forma dignoscenda.

Anomodon (Euanomodon) Uematsui Broth. n. sp.

Dioicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, fuscescenti-viridibus. Caules secundarii, inferne fusco-radiculosi, foliis \pm destructis, dein dense et complanate foliosi, \pm ramosi. Folia sicca laxe adpressa, acumine incurvo, humida patula, e basi haud auriculata, latiore raptim in laminam anguste ligulatam, rotundato-obtusam, vel angulo obtuso terminatam, integram producta, c. 1 mm longa et usque ad 0.4 mm lata; nervo tenui, rufescente, infra apicem folii evanido; cellulis laminalibus rotundatis, c. 0,007 mm, dense papillosis,

chlorophyllosis, obscuris vel subobscuris, basilaribus internis anguste oblongis, lutescentibus, pellucidis, laevissimis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Rikuchyu; Mt. Sukawa (E. U e m a t s u 62) et Mt. Hayatine (E. U e m a t s u 69).

Species *A. apiculato* Bryol. eur. affinis, sed statura multo minore foliisque haud auriculatis dignoscenda.

Clapodium subaciculum Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, late extensis, viridissimis. Caulis elongatus, procumbens, parce radiculosus, dense foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis vix ultra 1 cm longis, dense et complanate foliosis, sensim attenuatis, simplicibus vel ramulosis. Folia sicca flexuosula, humida erecto-patentia, caulina ovato-lanceolata, longe et anguste attenuata, marginibus superne serrulatis; nervo lutescente, continuo vel breviter excedente; cellulis minutissimis, subrotundis, papilla media, alta instructis, obscuris, marginalibus pellucidis, laevissimis, basilaribus internis oblongo-ellipticis. Folia ramea brevius acuminata, nervo infra apicem folii evanido. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa; Mt. Kuishi (H. N a k a n i s h i k i).

Species *Cl. aciculo* (Broth.) Broth. affinis, sed statura robustiore oculo nudo jam dignoscenda.

Duthiella japonica Broth. n. sp.

Dioica; gracilis, caespitosa, caespitibus densiusculis, viridissimis, opacis. Caules secundarii numerosi, usque ad 7 mm longi, e basi jam subpinnatim ramosi, ramis elongatis, dense et complanate foliosis, plus minusve ramulosis, attenuatis. Folia patentia, e basi ovato-lanceolata in acumen lineari-lanceolatum, acutum attenuata, c. 1.1 mm longa, marginibus erectis, ubique serratis; nervo infra apicem folii evanido; cellulis ellipticis, valde chlorophyllosis, papillis paucis supra lunam instructis, subopacis, marginalibus hyalinis, laevibus, basilaribus longioribus, laevibus, alaribus ovali-hexagonis, laevibus. Caetera ignota.

S h i k o k u: Tosa; Mt. Kashiyama (S h. O k a m u r a 197).

Species *D. Wallichii* (Hook.) C. Müll. valde affinis, sed statura multo minore oculo nudo jam dignoscenda.

Amblystegium (Euamblystegium) nitidulum Broth. n. sp.

Autoicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, viridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, fusco-radiculosus, dein adscendens, laxiuscule foliosus, plus minusve dense ramosus, ramis plerumque vix ultra 3 mm longis, patentibus, dense foliosis, simplicibus, obtusis. Folia longe decurrentia, concaviuscula, caulina patula, e basi late ovata raptim lanceolato-subulata, c. 0.95 mm longa et c. 0.4 mm lata, marginibus basi anguste revolutis, ubique minute serrulatis; nervo tenui, ad medium folii evanido; cellulis laminalibus prosenchymaticis, in medio folii c. 8 : 1, basilaribus infimis abbreviatis, laxioribus, alaribus sat numerosis, quadratis. Folia ramea erectiora, angustiora, sensim acuminata, argutius serrulata, cellulis laminalibus brevioribus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke; Mt. Akagi; ad truncos arborum (Y. N u m a j i r i in H e r b. I s h i b a 1325).

Species formis majoribus *A. serpentis* (L.) Bryol. eur. habitu similis, sed foliis longe decurrentibus, caulinis e basi late ovata raptim lanceolato-subulatis, serrulatis, cellulis prosenchymaticis dignoscenda.

Amblystegium (Euamblystegium) Uematsui Broth. n. sp.

Autoicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, viridibus, nitidiusculis. Caulis repens, fusco-radiculosus, dense ramosus, ramis erectis, vix ultra 5 mm longis, dense foliosis, teretibus, simplicibus, obtusis. Folia haud decurrentia, sicca imbricata, humida erecto-patentia, concava, caulina anguste lanceolato-subulata, marginibus basi anguste recurvis, dein erectis, serrulatis; nervo tenui, ultra medium folii evanido; cellulis laminalibus prosenchymaticis, in medio folii c. 8 : 1, basilaribus infimis abbreviatis, alaribus paucis, quadratis. Folia ramea erectiora, brevius acuminata, distinctius serrulata, cellulis laminalibus brevioribus. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Iwashiro; Mt. Bandai; ad truncos arborum (E. U e m a t s u 564).

Species praecedenti affinis, sed foliis haud decurrentibus, anguste lanceolato-subulatis dignoscenda.

Amblystegium (Leptodictyum) flaccidum Broth. et Yas.
n. sp.

Autoicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, mollissimis, depressis, viridibus, opacis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, vix ultra 5 mm longis, complanatulis, simplicibus, obtusis. Folia haud decurrentia, patula, concaviuscula, ovata, raptim in acumen elongatum, lanceolato-subulatum vel filiforme attenuata, usque ad 1.9 mm longa, marginibus infima basi recurvis, acumine minutissime serrulatis; nervo viridi, paulum ultra medium folii evanido; cellulis prosenchymaticis, in medio folii c. 4 : 1, basilaribus laxis, alaribus rectangularibus. Bractee perichaetii internae e basi vaginante raptim in acumen elongatum, filiforme, subintegrum attenuatae. Seta c. 2 cm alta, tenuis, rubra. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Iwashiro; sine loco designato; ad terram (A. Y a s u d a 245).

Species *A. Kochii* Bryol. eur. forsan affinis, sed mollitie, caule dense pinnato foliisque cellulis brevioribus longe diversa.

Hygrohypnum purpurascens Broth. n. sp.

Autoicum; gracile, caespitosum, caespitibus mollibus, densis, purpurascens, nitidis. Caulis elongatus, repens, parce radiculosus, foliis destructis, densissime ramosus, ramis adscendentibus, dense foliosis, teretibus, simplicibus vel plus minusve ramulosis. Folia falcatula, concava, ovata vel oblongo-ovata, breviter acuminata, acuta, usque ad 1.3 mm vel paulum ultra longa, marginibus erectis, integerrimis vel summo apice minutissime serrulatis; nervis binis, brevibus; cellulis angustissime linearibus, flexuosulis, basilaribus infimis laxis, aureis, alaribus paucis minutis, quadratis, subincrassatis, in ventrem dispositis, fuscis. Bractee perichaetii internae erectae, elongatae, pluries plicatae, in acumen breviter lanceolatum, integrum subsensim attenuatae. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Shinano; Mt. Shirouma (E. I s h i b a 1245).

Species pulchra, *H. palustri* (Huds.) Loesk. affinis, sed colore purpurascente foliisque nervis binis instructis, cellulis alaribus paucis, minutis, subincrassatis, in ventrem dispositis dignoscenda.

Ctenidium (Euclenidium) tenerum Broth. n. sp.

Gracillimum; caespitosum, caespitibus densis, mollissimis, pallide viridibus, nitidis. Caulis elongatus, hic illic fusco-radiculosus, tenuissimus, dense foliosus, remote ramosus, ramis elongatis, sensim attenuatis, simplicibus. Folia patentia, concava, a basi cordata vel subcordata sensim lanceolato-subulata, pilo \pm elongato terminata, marginibus erectis, integerrimis; enervia; cellulis laminalibus angustissime linearibus, papillose exstantibus, alaribus paucis, ovalibus, minutis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke, Mt. Nabewari (K. T s u n o d a in H e r b. I i s h i b a 1346).

Species ob teneritatem cum *C. polychaeto* (Bryol. jav.) Broth. comparanda, sed ramis elongatis, sensim attenuatis foliisque integris dignoscenda.

Ctenidium (Euclenidium) brevipes Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, laete viridibus, aetate lutescenti-viridibus, nitidis. Caulis elongatus, arcuato-procumbens, dense foliosus, dense ramosus, ramis adscendentibus vel erectis, brevibus, simplicibus vel longioribus, dense ramulosis. Folia caulina imbricata, humida erecto-patentia, concava, e basi late cordata raptim lanceolato-subulata, plerumque piliformiter attenuata, marginibus erectis, minute serrulatis; enervia vel breviter binervia; cellulis laminalibus angustissime linearibus, papillose exstantibus, alaribus paucis ovalibus, minutis. Folia ramea angustiora, distinctius serrulata. Bractae perichaetii erectae, e basi vaginante sensim lanceolato-subulatae, marginibus erectis, superne dentibus nonnullis grossis instructis. Seta c. 7 mm alta, fusca. Theca indinata, minuta, asymmetrica, ovalis, deoperculata fusca. Operculum ignotum.

H o n d o: Prov. Tojima, Kinonaki (G. K o n o 283).

Species *C. capillifolio* (Mitt.) Broth. affinis, sed seta brevi et thecae forma jam dignoscenda.

Gollania macrothamnioides Broth. n. sp.

Robustiuscula, caespitosa, caespitibus rigidis, densis, viridibus, intus fusciscentibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, arcuato-procumbens, parce radiculosus, dense foliosus, subpinnatim ramosus, ramis haud complanatis, patentibus, vix ultra 1 cm longis, simplicibus, obtusis vel longioribus, subpinnatim ramulosis. Folia homomalla vel squarrosa, symmetrica, lata ovata, breviter acuminata, acumine plerumque obtusiusculo, rarius semitorto, marginibus erectis vel infima basi anguste recurvis, superne serratis; nervis binis, tenuibus, ad vel ultra medium productis; cellulis breviter linearibus, apice papillosis, alaribus sat numerosis, minutis, in ventrem dispositis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Satsuma; Yakushima (S h. O k a m u r a 752). Mt. Nikko (E. U e m a t s u 707).

Species habitu *Macrothamni*, a congeneribus adhuc cognitis foliis late ovatis, breviter acuminatis jam, dignoscenda.

Pylaisia serricuspes Broth. n. sp.

Autoicum, bracteis perigonii ovatis, acutis, serratis; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, viridibus, sericeis. Caulis elongatus, repens, fusco-radiculosus, dense ramosus, ramis adscendentibus vel erectis, vix ultra 8 mm longis, dense foliosis, teretibus, simplicibus, obtusis. Folia ramea sicca laxè imbricata, humida erecto-patentia, concava, oblonga, raptim in acumen lanceolato-subulatum attenuata, usque ad 2.3 mm longa, marginibus late recurvis, e medio ad apicem serrulatis; brevissime binervia; cellulis haud incrassatis, laevissimis, anguste linearibus, infimis abbreviatis, fusco-aureis, alaribus parum numerosis, minutis, parenchymaticis, fusco-aureis. Bractee perichaetii internae erectae, e basi vaginante raptim in acumen elongatum, subulatum attenuatae. Seta vix ultra 7 mm alta, tenuissima, rubra, laevissima. Theca erecta, e collo brevi ovalis, c. 1.3 mm longa, leptodermis, fuscorubra, laevis. Peristomium destructum. Spori globosi vel monadiformes, usque ad 0.04 mm, fusi. Operculum longe rostratum.

S h i k o k u: Prov. Tosa, Mt. Godai (S h. O k a m u r a 284, 677).

Species distinctissima, foliis e medio ad apicem serrulatis, operculo longe rostrato a congeneribus jam diversa. Dubito sane hanc speciem in *Pylaisia* referre, cujus quidem peristomium, ni fallor, ita comparatum reperies, ut novum plane genus jure proponendum sit.

Stereodon (Drepanium) pulchroalaris Broth. et Yas. n. sp.

Dioicus; gracilescens, fuscescenti-ruber, nitidus. Caulis elongatus, repens, parce radiculosus, dense foliosus, dense et regulariter pinnatim ramosus, ramis patulis, vix ultra 7 mm longis, haud complanatis, dense foliosis, obtusis. Folia circinato-falcata, concava, laevia, ovato-lanceolata, in acumen subulatum, serrulatum attenuata, marginibus erectis; nervis binis, brevissimis vel indistinctis; cellulis angustissime linearibus, laevissimis, basilaribus infimis fuscioribus, alaribus vesiculosis, in ventrem excavatum dispositis, fuscioribus. Bracteae perichaetii erectae, usque ad 5 mm longae, pluries plicatae, sensim in acumen subulatum, serrulatum attenuatae. Seta c. 3.5 cm alta, tenuis, rubra. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Iwashiro; sine loco designato ad terram (H a t t o r i in H e r b. Y a s u d a 388).

Species *St. circinatum* (Schimp.) Broth. habitu similis, sed foliis cellulis basilaribus infimis fuscioribus, alaribus vesiculosis dignoscenda.

Stereodon (Drepanium) Tamakii Broth. n. sp.

Dioicus; gracilescens, caespitosus, caespitibus densis, rigidis, viridissimis, nitidis. Caulis elongatus, repens, parce radiculosus, dense ramosus, ramis suberectis, vix ultra 2 cm longis, dense foliosis, simplicibus vel parce ramulosis. Folia falcata, laevia e basi late ovata, subtruncata sensim lanceolato-acuminata, marginibus erectis, subintegris vel superne minute serrulatis; nervis binis, brevibus, tenuibus vel obsolete; cellulis anguste linearibus, laevissimis, alaribus laxis, oblongis, teneris, externis hyalinis, internis aureis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Etigo; Sanegawa (T a m a k i in H e r b. I s h i b a 1529).

Species ad gregem E. in Engler-Prantl Bryales, p. 1071

pertinens, statura rigida, ramificatione foliisque cellulis alaribus externis oblongis, internis aureis dignoscenda.

Stereodon (Drepanium) pulcherrimus Broth. n. sp.

Dioicus; gracilescens, caespitosus, caespitibus densis, mollibus, superne laete viridibus, dein pallidis, nitidiusculis. Caulis erectus vel adscendens, usque ad 10 cm altus, vix radiculosus, dense foliosus, pinnatim ramosus, ramis patentibus, plerumque vix ultra 5 mm longis, simplicibus. Folia falcata, laevia, e basi ovata sensim lanceolato-subulata, marginibus erectis, ubique serrulatis; nervis binis, brevibus vel indistinctis; cellulis angustissime linearibus, laevissimis, alaribus laxis, ovali-hexagonis, teneris, hyalinis, in ventrem excavatum dispositis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Iwaki; Mt. Hakoishi (E. U e m a t s u in H e r b. I i s h i b a 971).

Species *St. plumaeformi* (Wils.) Mitt. affinis, sed statura graciliore, ramis pergracilibus, brevibus nec non foliis alis valde excavatis, e cellulis laxis, teneris, hyalinis instructis dignoscenda.

Brotherella formosana Broth. n. sp.

Dioicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, mollibus, lutescentibus, nitidis. Caulis procumbens, divisus, divisionibus elongatis, dense foliosis, dense pinnatim ramosis, vix usque ad 1 cm longis, arcuatulis, simplicibus vel ramulosis. Folia plus minusve distincte falcata, concaviuscula, e basi ovali vel ovata sensim lanceolata, anguste acuminata, usque ad 1.7 mm longa et c. 0.4 mm lata, marginibus erectis vel inferne anguste recurvis, acumine argute serratis; enervia; cellulis laminaribus anguste linearibus, basilaribus infimis aureis, alaribus minutis, subquadratis, in pluribus seriebus dispositis. Folia ramea brevius acuminata, argutius serrata. Bractae perichaetii internae erectae, subsensim in acumen lanceolato-subulatum attenuatae. Seta c. 2 cm alta, tenuis, fuscescenti-rubra. Theca inclinata, oblongo-cylindrica, arcuatula, fusca, sicca deoperculata sub ore haud constricta. Operculum alte conicum, obtusum.

F o r m o s a: Prov. Nanto; Mt. Kiraishu; ad truncos arborum (Y. S h i m a d a in H e r b. H. S a s a o k a 1335).

Species *B. perpinnatae* (Broth. sub. *Stereodonte*) affinis, sed foliis superne argute serratis jam dignoscenda.

Brotherella planissima Broth. n. sp.

Autoicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, mollibus, depressis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, pinnatim ramosus, ramis patulis, densiuscule foliosis, valde complanatis, cum foliis c. 2 mm latis, brevibus, simplicibus vel longioribus, pinnatim ramulosis, obtusis. Folia ramea patula, concava, ovato-lanceolata vel oblonga, in acumen subulatum attenuata, superne serrulata; enervia; cellulis anguste linearibus, laevissimis, basilaribus infimis brevioribus et laxioribus, aureis, alaribus oblongis, vesiculosis, aureis. Bractee perichaetii internae in acumen reflexum, anguste subulatum, serrulatum raptim attenuatae. Seta c. 2 cm alta, tenuis, rubra, apice lutescens. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Igo; Mt. Tokahata; ad ligna putrida (H. N a k a n i s h i k i).

Species *B. Henoni* (Dub. sub. *Hypno*) affinis, sed ramis valde complanatis foliisque patulis oculo nudo jam dignoscenda.

Acanthocladium Nakanishikii Broth. n. sp.

Gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, rigidis, late extensis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, procumbens, parce radiculosus, densiuscule et complanate foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, brevibus, vix ultra 1 cm longis, horizontalibus, simplicibus vel subpinnatim ramulosis, hic illic elongatis, cuspidatis, arcuato-decumbentibus, bipinnatim ramulosis, ramis et ramulis complanatis. Folia caulina erecto-patentia, apicalia falcata, concava, laevia, ovata, breviter et anguste acuminata, marginibus erectis, integris vel subintegris; enervia; cellulis angustissime linearibus, laevissimis, basilaribus infimis inter se porosis, aureis, alaribus magnis, vesiculosis, aureis. Folia ramea et ramulina minora, brevius acuminata. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kii; Mt. Koya (H. N a k a n i s h i k i 41, 56).

Species distinctissima, quoad ramificationem foliorumque forma et structura cum congeneribus nonnullis africanis, ex gr. *A. Trichoclea* (C. Müll.) Broth. comparanda.

Isopterygium byssaceum Broth. n. sp.

Autoicum; tenerrimum, caespitosum, caespitibus densis, depressis, viridissimis, vix nitidiusculis. Caulis repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, laxiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis patentibus, laxiuscule foliosis, complanatis, vix ultra 3 mm longis, cum foliis usque ad 1.3 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia ramea patentia, haud decurrentia, concava, anguste ovato-lanceolata, anguste acuminata, c. 1.1 mm longa et usque ad 0.2 mm lata, marginibus erectis, subintegris; nervis binis, brevissimis, indistinctis vel nullis; cellulis anguste linearibus, basilaribus infimis oblongis, alaribus haud diversis. Bractee perichaetii internae erectae, in acumen subulatum, subintegrum attenuatae. Seta c. 7 mm alta, tenuissima, lutescens, basi rubra. Theca horizontalis, minutissima, ovalis, fuscidula, sicca deoperculata sub ore constricta. Operculum alte conicum.

S h i k o k u: Tosa: Kochi (S h. O k a m u r a 164).

Species distinctissima, minutie omnium partium oculo nudo jam dignoscenda.

Isopterygium Tsunodae Broth. n. sp.

Autoicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, fusciscenti-viridibus, nitidiusculis. Caulis repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis patentibus, vix ultra 5 mm longis, complanatis, cum foliis c. 2 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia patentia, haud decurrentia, concava, plerumque subsymmetrica, ovato-lanceolata, usque ad 1.7 mm longa et 0.40—0.45 mm lata, marginibus erectis, minutissime serrulatis; nervis binis, brevibus, tenuibus vel indistinctis; cellulis anguste linearibus, basilaribus infimis brevioribus et laxioribus, alaribus haud diversis. Bractee perichaetii internae e basi vaginante, superne emarginata in acumen lanceolato-subulatum, patulum, minutissime serrulatum attenuatae. Seta c. 7 mm alta, tenuis, rubra. Theca horizontalis vel subnutans, minuta, ovalis, fuscidula. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kotsuke; Mt. Komoti (K. T s u n o d a, H e r b. E. I i s h i b a 1455).

Species *I. Hisauchii* Sh. Okam. e descriptione affinis, sed foliis ovato-lanceolatis, minutissime serrulatis, seta breviora et theca minuta, ovali, sicca sub ore haud constricta dignoscenda.

Isopterygium subfulvum Broth. n. sp.

Dioicum; robustulum, laete viride, molle, nitidiusculum. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense ramosus, ramis adscendentibus, vix ultra 1 cm longis, densiuscule foliosis, vix complanatis, simplicibus, plerumque cuspidatis. Folia ramea haud decurrentia, concava, suberecta, apicalia interdum indistincte falcata, oblongo-lanceolata, breviter acuminata, usque ad 1.9 mm longa et ad 0.5 mm lata, marginibus erectis, superne distincte serrulatis; nervis binis, tenuibus, fere ad medium folii productis; cellulis elongatis, angustissimis, basilaribus infimis oblongis, alaribus haud diversis. Bracteae perichaetii internae erectae, sensim in acumen elongate subulatum, serrulatum attenuatae. Seta 2—2.5 cm alta, lutescens, basi rubra. Theca horizontalis, e collo distincto ovalis, regularis, fuscidula. Operculum e basi convexo-conica acute apiculatum.

H o n d o: Prov. Ise; Hara; ad terram (S h. O k a m u r a 1078).

Species *I. fulvo* (Hook.) Broth. affinis, sed mollitie, statura robustiore foliisque superne distinctius serrulatis, nervis binis elongatis, cellulis alaribus haud diversis dignoscenda.

Isopterygium Kiushiuense Broth. n. sp.

Autoicum; robustiusculum, caespitosum, caespitibus densis, fusciscenti-viridibus, subopacis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, usque ad 7 mm longis, dense et complanate foliosis, cum foliis usque ad 1.7 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia ramea patentia, concava, ovato-vel oblongo-lanceolata, breviter acuminata, usque ad 1.5 mm longa et ad 0.35 mm lata, marginibus erectis, superne serrulatis; nervis binis, tenuibus, brevibus; cellulis elongatis, angustissi-

mis, basilaribus infimis oblongis, alaribus haud diversis. Bracteae perichaetii internae erectae, in acumen lanceolato-subulatum attenuatae, superne serrulatae. Seta c. 1.5 cm alta, tenuis, lutescens, inferne rubra. Theca subhorizontalis, e collo distincto ovalis, irregularis, sicca sub ore constricta, fuscidula. Operculum convexo-conicum, acute apiculatum.

K i u s h i u: Mt. Kirisima (ex *Herb. tokiodensi* com. *Matsumura* sub. n. 342).

Species cum praecedente comparanda, sed inflorescentia autoica, ramis complanatis, seta brevior et theca minore, irregulari jam dignoscenda.

Isopterygium (Dolichotheca) perrobustum Broth. n. sp.

Autoicum; robustum, caespitosum, caespitibus densis, mollibus, laete viridibus, nitidis. Caulis repens, fusco-radiculosus, dense foliosus, dense ramosus, ramis brevibus, adscendentibus vel suberectis, dense foliosis, haud complanatis, simplicibus, attenuatis vel obtusis. Folia caulina sursum spectantia, ramea horride patula, concaviuscula, ovato-lanceolata, in acumen elongatum, piliforme attenuata, usque ad 3 mm longa et 0.75 mm lata, marginibus erectis, serrulatis; nervis binis, brevibus, tenuibus vel indistinctis; cellulis anguste linearibus, infimis laxis, alaribus haud diversis. Bracteae perichaetii internae e basi vaginante, superne grosse serrata subito in acumen elongatum, anguste loriforme, minutissime serrulatam attenuatae. Seta c. 2.5 cm alta, tenuis, flexuosula, rubra. Theca horizontalis, oblongo-cylindracea, c. 2.5 mm longa, plus minusve distincte arcuata, pallida, demum fusca, laevis, sicca deoperculata sub ore haud constricta. Operculum e basi conica breviter rostratum.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Aoso; ad ligna putrida (*E. Uematsu* 482). Sendai; Zuihoden; ad terram arenosam (*E. Uematsu* 184). Sendai; ad terram (*E. Iishiba* 37, 601, 622). Prov. Mikawa; Okazaki (*Ishikawa* in *Herb. E. Iishiba* 1075). Prov. Kii; Chikano (*U* in *Herb. E. Iishiba* 1107). Prov. Echigo; Fukuzawa (*Sh. Okamura* 1102). Izimino (*Sh. Okamura* 792). Hiroshima; ad saxa et ad terram (*G. Kono* 77, 108).

Species *I. silesiaco* (Selig.) Warnst. affinis, sed statura

multo robustiore, foliis in acumen elongatum, piliforme attenuatis operculoque breviter rostrato dignoscenda.

Plagiothecium squamatum Broth. n. sp.

Dioicum; robustiusculum, caespitosum, caespitibus densis, pallide viridibus, opacis. Caulis arcuato-prostratus, hic illic fasciculatim fusco-radiculosus, dense ramosus, ramis prostratis vel adscendentibus, 1—2 cm longis, dense foliosis, complanatis, simplicibus, obtusis. Folia sicca e humida laxe imbricata, cymbiformi-concava, haud decurrentia, symmetrica vel subsymmetrica, ovata, in acumen breviter et anguste lanceolatum attenuata, usque ad 2.5 mm longa et 1.3 mm lata, marginibus erectis vel basi angustissime recurvis, minute serrulatis; nervis binis, tenuibus, infra medium folii evanidis vel uno brevissimo, furcato, cruribus inaequalibus; cellulis elongate prosenchymaticis, mediis c. 0.085 mm longis et c. 0.007 mm latis, alaribus numerosis, quadratis, chlorophyllosis. Caetera ignota.

K i u s h i u. Nagasaki; ad terram (S h. O k a m u r a 1012).

Species *Pl. Roeseano* (Hamp.) Bryol. eur. et *Pl. pallido* Sh. Okam. affinis, sed ab ambabus foliis serrulatis jam dignoscenda.

var. *rigidum* Broth. n. var.

Rigidum; rami plus minusve ramulosi, complanati. Folia cellulis alaribus minus numerosis.

H o n d o: Prov. Kotsuke; Mt. Komochi (A. Y a s u d a 310).

Plagiothecium obtusissimum Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densiusculis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, flexuosus, hic illic fusco-radiculosus, dense et irregulariter ramosus, ramis valde complanatis, dense foliosis, cum foliis usque ad 2 mm latis, plus minusve distincte attenuatis. Folia patentia, longe decurrentia, concava, symmetrica vel subsymmetrica, ovato-oblonga, rotundato-obtusa, marginibus erectis, integerrimis; nervis binis, tenuibus, brevissimis vel subnullis; cellulis angustissime linearibus, apicalibus brevioribus et laxioribus, alaribus numerosis, laxis, teneris, breviter rectan-

gularibus, hyalinis vel fuscoaureis. Bractee perichaetii internae e basi vaginante in acumen breve, squarrosum, acutiusculum, integrum attenuatae. Seta c. 1.5 cm alta, tenuis, rubella, apice lutescens. Theca suberecta vel inclinata, subregularis, oblongo-cylindrica, c. 2 mm longa, pallida, demum fusco-rubra, laevis. Annulus revolubilis. Peristomium normale, ciliis bene evolutis. Spori 0.008—0.010 mm, virides, laeves. Operculum e basi conica breviter rostratum.

Y e z o: Mt. Makkari (E. I i s h i b a 1486).

Species pulcherrima, *Pl. laevigato* Schimp. affinis, sed foliis longe decurrentibus, ovato-oblongis, rotundato-obtusis, cellulis alaribus laxis, teneris facillime dignoscenda.

Plagiothecium turgescens Broth. n. sp.

Dioicum; robustum, caespitosum, caespitibus laxis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, prostratus, flexuosus, per totam longitudinem fusco-radiculosus, laxe et complanate foliosus, cum foliis 3,5—4 mm latus, parce subpinnatim ramosus, ramis patulis, complanatis, obtusis, brevibus, simplicibus vel longioribus, pinnatim ramulosis. Folia patula, concava, vix decurrentia, asymmetrica, ovato-lanceolata breviter acuminata, acuta, usque ad 2.5 mm longa et 1.1 mm lata, marginibus erectis, superne minutissime serrulatis; nervo bifurco, cruribus inaequalibus, infra medium folii evanidis; cellulis anguste linearibus, basilaribus laxioribus, alaribus haud diversis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Ise; Tajiri (E. U e m a t s u 945).

Species *Pl. neckeroideo* Bryol. eur. affinis, sed caule laxius folioso foliisque vix decurrentibus, concavis, superne minutissime serrulatis, cellulis paulum latioribus dignoscenda.

Plagiothecium Kuroiwae Broth. n. sp.

Gracile, caespitosum, caespitibus densis, deplanatis, viridissimis, nitidiusculis. Caulis elongatus, prostratus, parce radiculosus, laxiuscule et complanate foliosus, subpinnatim ramosus, ramis erecta-patentibus, vix ultra 1 cm longis, valde complanatis, cum foliis 1.5—2 mm latis, laxiuscule foliosis, plus minusve attenuatis. Folia patula, decurrentia, concaviuscula, asymmetrica, anguste ovato-lanceolata, breviter acuminata, acuta, usque ad 1.2 mm longa et 0.4 mm lata,

marginibus erectis, superne minutissime serrulatis; nervo brevissimo, furcato vel subnullo; cellulis angustissimis, basilaribus laxioribus, alaribus haud diversis. Caetera ignota.

Ins. Kumeshima; Loochoo (H. K u r o i w a 2).

Species ob folia densissime areolata cum *Pl. neckeroideo* Bryol. eur. comparanda, sed statura multo minore oculo nudo jam dignoscenda.

Plagiothecium delicatulum Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus laxiusculis, pallide viridibus, nitidiusculis. Caulis repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, ramosus, ramis brevibus, densiuscule foliosis, complanatis, simplicibus, obtusis. Folia patentia, planiuscula, vix decurrentia, subsymmetrica, ovato-lanceolata, in acumen subulatum attenuata, usque ad 1.7 mm longa et ad 0.65 mm lata, marginibus erectis, integris; nervis plerumque obsoletis; cellulis laxiusculis, 0.07—0.10 mm longis et c. 0.012 mm latis, basilaribus oblongis, alaribus vix diversis. Bractee perichaetii internae e basi alte vaginante raptim in acumen recurvum, piliforme, integrum attenuatae. Seta c. 2 cm alta, flexuosula, rubra. Theca horizontalis, oblongo-cylindrica, vix curvatula, c. 1.5 mm longa, sicca deoperculata sub ore haud constricta, pallida, laevissima. Operculum conicum, obtusum.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Mitake; ad terram (E. U e m a t s u 168).

Species pulchella, foliorum forma et structura jam dignoscenda.

Plagiothecium losaënsse Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus laxis, depressis, viridibus, nitidis. Caulis repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, densiuscule ramosus, ramis vix ultra 5 mm longis, laxiuscule foliosis, valde complanatis, cum foliis c. 2 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia ramea patula, concaviuscula, haud decurrentia, asymmetrica, ovata, breviter acuminata, acutiuscula, c. 1 mm longa et c. 0.4 mm lata, marginibus inferne uno latere reflexo, ubique minutissime denticulatis; nervis binis brevissimis vel indistinctis; cellulis rhomboideis, mediis c. 0.04—0.05 mm longis et c. 0.007 mm

latis, alaribus sat numerosis, minutis, quadratis, chlorophyllosis. Caetera ignota.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Aki-gun, Hanemura; ad ligna putrida (E. U e m a t s u 841).

Species pulchella, foliis ubique minutissime denticulatis jam dignoscenda.

Vesicularia apiculata Broth. n. sp.

Autoica; gracilescens, laxe caespitosa, mollis, pallide glaucoviridis, opaca. Caulis elongatus, repens, parce hic illic fasciculatim fusco-radiculosus, laxe et complanate foliosus, cum foliis c. 2 mm latus, parce hic illic subpinnatim ramosus, ramis patulis, vix ultra 1 cm longis, simplicibus, obtusis, singulis longioribus, attenuatis. Folia sicca vix contracta, humida patula, concava, asymmetrica, superne serrulata, lateralialia oblongo-ovata, in apiculum contracta, ventralia minor, ovato-lanceolata, anguste acuminata; nervis binis, brevissimis vel nullis; cellulis rhomboideo-hexagonis, mediis c. 4 : 1. Seta c. 1.5 cm alta, tenuissima, rubra. Theca horizontalis, e collo longiusculo ovalis, sicca deoperculata sub ore haud contracta, fusca. Operculum e basi convexa apiculatum.

K i u s h i u: Prov. Osumi; Sata (S h. O k a m u r a 996).

Species a congeneribus japonicis caule elongato, hic illic parce subpinnatim ramoso vel subsimplici, laxe folioso foliisque lateralibus apiculatis dignoscenda, forsan *V. cuspidatae*. Sh. Okam., mihi e descriptione et icone tantum cognita affinis.

Vesicularia japonica Broth. n. sp.

Ectropothecium japonicum Broth. olim in sched.

Autoica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus mollibus, densis, glaucoviridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, parce radiculosus, laxiuscule foliosus, pinnatim ramosus, ramis 1 cm vel paulum ultra longis, patentibus, valde complanatis, cum foliis c. 2 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia sicca vix mutata, humida homomallula, concava, superne minutissime serrulata, asymmetrica, subconformia, ovata, acuta; nervis binis, brevibus; cellulis prosenchymaticis, mediis c. 5 : 1. Seta c. 1 cm alta, tenuis, rubra. Theca nutans, oblonga, sicca deoperculata haud constricta, fusca. Operculum convexum, alte apiculatum.

Shikoku: Prov. Tosa; Mt. Ushioe (S h. O k a m u r a 418). Mt. Uba (T. H i r o t u in H e r b. I i s h i b a 1584).

Species *V. Dubyanae* (C. Müll.) Broth. valde affinis, sed statura robustiore foliisque laxius areolatis dignoscenda.

Vesicularia Tamakii Broth. n. sp.

Autoica; gracilis, caespitosa, caespitibus mollibus, laxis, sordide glaucoviridibus, opacis. Caulis longiusculus, repens, per totam longitudinem hic illic fasciculatim fusco-radiculosus, laxiuscule foliosus, plus minusve regulariter pinnatim ramosus, ramis patulis, strictis, vix ultra 5 mm longis, laxiuscule et complanate foliosis, cum foliis c. 1.2 mm latis, obtusis. Folia sicca vix contracta, humida patentia, concava, marginibus erectis, integris, asymmetrica, *caulina* ovata vel oblongo-ovata, acuta, *ventralia* minora, ovato-lanceolata; enervia; cellulis laxis, oblongo-hexagonis (mediis c. 3:1), teneris; *ramea* eisdem caulinis similia, sed minora. Seta c. 1.5 cm alta, tenuissima, rubra. Theca horizontalis, minuta, asymmetrica, ovalis, sicca deoperculata sub ore constricta, fusca. Operculum ignotum.

Haha Island: Ogasawarazima; Mt. Kuwanoki (T a m a k i in H e r b. E. I i s h i b a 1594) et Mt. Tibuko (T a m a k i in H e r b. E. I i s h i b a 1593). Ad vegetabilia putrescentia.

Species pulchella, foliis ovatis vel oblongo-ovatis, acutis, integris, laxe areolatis dignoscenda.

Vesicularia Okamurae Broth. n. sp.

Autoica; gracilescens, caespitosa, caespitibus mollibus, densis, late extensis, glaucoviridibus, opacis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense et regulariter pinnatim ramosus, ramis patulis, arcuatulis, infimis usque ad 5 mm vel paulum ultra longis, dein sensim brevioribus, densiuscule et complanate foliosis, cum foliis usque ad 1.7 mm latis, obtusis. Folia sicca homomalla, paulum contracta, humida erecto-patentia, stricta, concava, marginibus erectis, superne serrulatis, asymmetrica, *caulina* ovata vel oblongo-ovata, raptim in acumen elongatum, subulato-piliforme attenuata; enervia; cellulis elongate rhomboideo-hexagonis (mediis c. 5:1), teneris, *ramea* brevius acuminata, distinctius serrata, laxius areolata.

Seta 1.5—2 cm alta, tenuissima, rubra. Theca nutans, oblonga, sicca deoperculata sub ore constricta. Operculum ignotum.

S h i k o k u: Prov. Tosa; Higashidera (S h. O k a m u r a 700).

A r c h i p. L i u - K i u: Insula Amami-Oshima prope Naze (F e r r i é in H e r b. L e v i e r 163; forma foliis longius piliferis).

Species cum *V. reticulata* (Doz. et Molk.) Broth. et *V. Yajimae* Sh. Okam. comparanda, sed ab hac foliorum forma, ab illa foliis serrulatis jam dignoscenda.

Chionostomum rostratum (Griff.) C. Müll.

var. *microcarpum* Broth. var. nov.

Seta c. 7 mm alta. Theca oblongo-cylindrica, vix ultra 2 mm longa.

F o r m o s a: Prov. Ako; Ariko (Y. M a t s u d a in H e r b. H. S a s a o k a 1294, 1300).

Rhaphidostegium (*Cupressinopsis*) *lutschianum* Broth. et Par. n. sp.

Autoicum; gracile, caespitosum, caespitibus densis, depressis, lutescentibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, dense pinnatim ramosus, ramis patulis, brevibus, dense et complanate foliosis, cum foliis vix ultra 1 mm latis, simplicibus, obtusis. Folia falcata, patentia, concava, e basi angustata oblongo-lanceolata, in acumen subulatum vel piliforme attenuata, marginibus erectis vel inferne recurvis, superne serrulatis; enervia; cellulis laminalibus angustissime linearibus, superioribus dorso hic illic papilla media minutissima instructis, basilaribus infimis aureis, alaribus magnis, oblongis, vesiculosus, aureis. Bracteae perichaetii erectae, distinctius serrulatae. Seta 1.5 cm vel paulum ultra alta, crassiuscula, sicca flexuosa, rubra, laevissima. Theca pendula, cylindrica, sicca sub ore paulum contracta, fuscidula. Operculum ignotum.

A r c h i p. L i u K i u: Yakou Sima (F a u r i e 1256, 1321, 1323, 1387).

Species foliis cellulis laminalibus superioribus dorso papil-

lis mediis instructis nec non theca cylindrica, pendula dignoscenda.

Rhaphidoslegium (Cupressinopsis) Nakanishikii Broth. n. sp.

Autoicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, depressis, lutescenti-viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, \pm dense pinnatim ramosus, ramis patulis, dense et complanate foliosis, cum foliis c. 2 mm latis, simplicibus, vix ultra 5 mm longis vel longioribus, ramulosis, obtusis. Folia falcatula, patentia, concava, e basi angustata oblongo-lanceolata, in acumen subulatum vel subpiliforme attenuata, marginibus inferne recurvis, superne serrulatis; enervia; cellulis laminalibus linearibus, superioribus hic illic papilla singula, media, indistincta instructis, basilaribus infimis aureis, alaribus oblongis, vesiculosus, aureis. Bractee perichae-tii erectae, distinctius serrulatae. Seta 1—1.5 cm alta, tenuissima, rubra, laevissima. Theca horizontalis, minuta, ovalis, pallida. Operculum longe rostratum.

H o n d o: Sendai (E. U e m a t s u 493). Prov. Kii; Mt. Koya (H. N a k a n i s h i k i 7).

var. *longipes* Broth. n. var.

Folia dorso distinctius papillosa. Seta 2—2.5 cm alta.

H o n d o: Prov. Tojima; Kimosaki (G. K o n o 317).

Species praecedenti affinis, sed statura majore, foliis laxius areolatis et thecae forma dignoscenda.

Brachythecium (Salebrosa) Tsunodae Broth. n. sp.

Dioicum; robustiusculum, pallide viride, vix nitidiusculum. Caulis elongatus, procumbens, hic illic fasciculatim fusco-radiculosus, vage divisus, divisionibus plus minusve dense ramosis, ramis erectis, 1—1.5 cm longis, dense et turgide foliosis, simplicibus, breviter attenuatis. Folia decurrentia, sicca imbricata, plicatula, humida suberecta, concaviuscula, ovato-oblonga, raptim in acumen elongatum, subulato-filiforme attenuata, marginibus infima basi anguste reflexis, acumine minutissime serrulatis; nervo viridi, basi validiusculo, dein raptim angustiore, longe ultra medium folii evanido; cellulis anguste linearibus, inferioribus raptim multo axioribus, alaribus numerosis, quadratis. Bractee perichae-

tii internae e basi vaginante raptim longissime subulato-filiformes, subintegrae. Seta c. 2 cm, tenuis, rubra, laevissima. Theca suberecta vel inclinata, paulum irregularis, subcylindrica, recta vel paulum arcuata, c. 3 mm longa, fusca. Operculum conicum, acute apiculatum.

H o n d o: Prov. Kotsuke, Mt. Komochi (K. T s u n o d a in H e r b. Y a s u d a 36).

Species *Br. Buchanani* (Hook.) Jaeg. affinis, sed statura multo robustiore oculo nudo jam dignoscenda.

Brachythecium (Cirriphyllopsis) laxitextum Broth. n. sp.

Dioicum; robustiusculum, caespitosum, caespitibus densiusculis, viridissimis, sericeo-nitidis. Caulis elongatus, repens, dense ramosus, ramis patentibus, dense foliosis, complanatus, vix ultra 1 cm longis, strictis vel arcuatis, haud attenuatis, singulis elongatis, dense pinnatim ramulosis. Folia ramea decurrentia, sicca laxe imbricata, humida erecto-patentia, concava, laevia, ovato-oblonga, raptim in acumen elongatum, anguste lanceolato-subulatum attenuata, c. 2.5 mm longa et c. 0.9 mm lata, marginibus erectis, superne minute serrulatis; nervo viridi, validiusculo, superne multo tenuiore, paulum ultra medium laminae evanido; cellulis breviter linearibus, basin versus sensim laxioribus, alaribus sat numerosis, quadratis. Bractee perichaetii internae e basi vaginante raptim in acumen elongatum, filiforme, subintegrum attenuatae. Seta c. 8 mm alta, tenuis, rubra, laevissima. Theca inclinata, irregularis, ovalis, c. 1.5 mm longa, deoperculata fusca. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Rikuchyu, Mt. Hayatine, ad truncos arborum (E. U e m a t s u 80).

Species valde peculiaris, inflorescentia dioica foliorumque forma et areolatione a caeteris speciebus sectionis dignoscenda.

Brachythecium (Cirriphyllopsis) minutum Broth. n. sp.

Autoicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densiusculis, laete viridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense ramosus, ramis brevissimis erectis vel longioribus, plus minusve dense ramulosis. Folia erecto-patentia, e basi

breviter decurrente, ovata lanceolato-subulata, c. 1.1 mm longa et c. 0.3 mm lata, marginibus infima basi anguste recurvis, superne serrulatis; nervo ad basin acuminis evanido; cellulis anguste linearibus, alaribus quadratis et breviter rectangularibus, a basilaribus internis parum diversis. Bracteae perichaetii internae e basi vaginante raptim in acumen lanceolato-subulatum, recurvum, subintegrum attenuatae. Seta c. 8 mm, tenuis, rubra, sublaevis. Theca inclinata, irregularis, ovalis, c. 1.1 mm longa, deoperculata nigrescens. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Rikouku; Mt. Hakkoda; ad truncos arborum (E. I s h i b a 138, E. U e m a t s u 319).

Species *Br. populeo* (Hedw.) Bryol. eur. valde affinis, sed minutie omnium partium, foliis nervo brevioribus instructis nec non seta sublaevi dignoscenda.

Brachythecium (Cirriphyllopsis) Uematsui Broth. n. sp.

Autoicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densis, late extensis, lutescenti-viridibus, sericeo-nitidis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem fasciculatim fusco-radiculosus, vage ramosus, ramis plerumque dense ramulosis, ramulis erectis, brevissimis, dense foliosis, obtusis. Folia sicca laxe imbricata, humida erecto-patentia, concava, e basi longe decurrente, late ovata raptim in acumen lanceolato-subulatum attenuata, usque ad 1.3 mm longa et usque ad 0.4 mm lata, marginibus erectis, minute serrulatis; nervo tenui, ad basin acuminis evanido; cellulis anguste linearibus, alaribus numerosis, quadratis, obscuris. Bracteae perichaetii internae e basi vaginante raptim in acumen lanceolato-subulatum, minutissime serrulatum, recurvum attenuatae. Seta 8—12 mm alta, tenuis, rubra, laevis vel sublaevis. Theca inclinata vel subhorizontalis, irregularis, ovalis, usque ad 1.8 mm longa, fuscorubra, sicca deoperculata sub ore paulum constricta. Operculum e basi convexa acute apiculatum.

H o n d o: Prov. Rikuzen; Aoso; ad truncos arborum (E. U e m a t s u 125, 133).

Species quoque cum *Br. populeo* comparanda, sed foliis e basi longe decurrente, late ovata raptim acuminatis, cellulis alaribus numerosis obscuris dignoscenda.

Bryhnia turgescens Broth. et Yas. n. sp.

Dioica; robustiuscula, caespitosa, caespitibus densis, turgescentibus, lutescenti-viridibus, subopacis. Caulis prostratus, dense ramosus, ramis in medio caespitis erectis, dense foliosis, teretibus, pinnatim ramulosis, obtusis. Folia ramea breviter decurrentia, sicca laxe imbricata, humida suberecta, concaviuscula, plicata, ovata, acuta, marginibus erectis, serratis; nervo crassiusculo, viridi, infra apicem folii evanido, apice exstante, dorso superne serrato; cellulis anguste rhomboideis, laevissimis, alaribus in ventrem dispositis, breviter rectangularibus vel subquadratis. Caetera ignota.

H o n d o. Prov. Inaba (I k o m a in H e r b. A. Y a s u d a 349).

Species *Br. Novae Angliae* (Sull. et Lesq.) Grout affinis, sed statura robustiore, nervo crassiore, dorso superne serrato nec non cellulis longioribus et angustioribus dignoscenda.

Bryhnia tenerrima Broth. et Yas. n. sp.

Dioica; tenerrima, caespitosa, caespitibus laxiusculis, lutescenti-viridibus, opacis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, laxe foliosus, pinnatim ramosus, ramis plerumque vix ultra 3 mm longis, laxiuscule foliosis, complanatis, attenuatis, simplicibus. Folia caulina patula, decurrentia, late ovato-lanceolata, in acumen elongate subulatum raptim attenuata, marginibus erectis, ubique serrulatis; nervo ad basin subulae evanido; cellulis anguste oblongo-hexagonis, apice exstante, alaribus breviter rectangularibus. Folia ramea patentia, anguste ovato-lanceolata, sensim breviter acuminata, argutius serrata, laxius areolata. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Kozuke; ad terram (A. Y a s u d a 438).

Species *Br. graminicolori* (Brid.) Grout affinis, sed statura tenerrima foliisque caulinis late ovato-lanceolatis, raptim attenuatis, laxius areolatis dignoscenda.

Rhynchostegium Iishibae Broth. n. sp.

Autoicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus laxiusculis, depressis, viridibus nitidis. Caulis repens, per totam longitudinem fusco-radiculosus, densiuscule foliosus, dense pinnatim ramosus, ramis complanatis, vix ultra 7 mm longis,

cum foliis c. 2 mm latis, simplicibus vel ramulosis, obtusis. Folia sicca haud mutata, caulina erecto-patentia, ovato-lanceolata, anguste acuminata, marginibus infima basi recurvis, serrulatis; nervo angusto, ad basin acuminis evanido; cellulis anguste linearibus, basilaribus infimis laxioribus, alaribus haud diversis. Folia ramea patentia, concava, latiora et breviter acuminata, argute serrata, cellulis valde chlorophyllosis. Caetera ignota.

H o n d o: Prov. Rikuzen, Siogama (E. I i s h i b a 339).

Species pulchella, habitu plagiothecioideo notabilis.

Oligotrichum mamillosum Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, fuscoviride. Caulis erectus, 1—1.5 cm altus, infima basi fusco-radiculosus, dein denudatus, superne dense foliosus, simplex. Folia sicca flexuoso-adpressa, humida patentia, infima minuta, dein raptim multo majora, e basi vaginante lanceolata, c. 4 mm longa et usque ad 1 mm lata, marginibus laminae argute serratis; nervo rufescente, basi c. 0.010 mm lato, breviter excedente, dorso laevi, ventro lamellis, 4, e cellulis c. 5 seriatis instructis; cellulis laminalibus quadratis vel subrotundis, c. 0.007 mm, alte mamillosis, basilaribus anguste rectangularibus, pellucidis, interstitiis punctulatis, marginalibus in seriebus nonnullis angustissimis Caetera ignota.

S h i k o k u: Mt. Ishizuchi (G. K o n o 205).

Species distinctissima, foliis argute serratis, nervo dorso laevi, cellulis laminalibus alte mamillosis, basilaribus anguste rectangularibus dignoscenda cum nulla alia commutanda.

Beobachtungen bei Kultur von Flechtenhyphen.

Mit einer Tafel.

Von

HARRY WARÉN.

(Gedruckt auf Vorschlag der Herren Fredr. Elfving u. V. F. Brotherus).

Als ich während der Jahre 1914—1918 mit Kulturen von Flechtengonidien beschäftigt war, hatte ich auch Gelegenheit, das Wachstum der Flechtenhyphen zu verfolgen¹⁾. Da die diesbezüglichen Beobachtungen vielleicht zu weiteren Untersuchungen Anlass geben könnten, und ich selbst nicht in der Lage bin, dieselben weiter fortzusetzen, will ich sie hier mitteilen.

Bei Kultur von Flechtenfragmenten in hängenden Tröpfchen, die angestellt wurden, um das Wachstum der Gonidien zu fördern, geschah es oft, dass auch die Hyphen weiter zu wachsen anfangen, indem sie strahlig nach allen Seiten hervorstiessen. Die angewendete Nährlösung hatte folgende Zusammensetzung:

Traubenzucker	1 %
$Ca(NO_3)_2$	0.5 %
KH_2PO_4	0.05 %
$MgSO_4$	0.025 %
Fe_2Cl_6	0.00067 %

Von den Hyphen wurden dann Reinkulturen in der Weise hergestellt, dass hervorstossende Enden oder sonstige mikrosko-

¹⁾ Vgl. d. Literaturverzeichnis (10)

pisch kontrollierbare Teilchen unter dem Mikroskope isoliert und einzeln für sich in hängende Tröpfchen gebracht wurden. Wenn die letztgenannten sich von allen fremden Organismen frei erwiesen, wurden die Kulturen als rein betrachtet, wonach die Hyphen, um Dauerkulturen zu erzielen, in Erlenmeyer-Flaschen mit derselben Nährlösung oder in Probierröhrchen und Petrischalen mit Asparagin-Glukose-Agar übergeführt wurden. Das letztgenannte Substrat hatte im Übrigen die gleiche Zusammensetzung als die obige Nährlösung, nur mit dem Unterschiede, dass 1.5 % Agar hinzukam und anstatt $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ die gleiche Menge Asparagin verwendet wurde.

In dieser Weise wurden von den Hyphen von *Physcia ciliaris* (L.), *Cladonia deformis* (L.) und *Lecidea fuliginea* (Ach.) Reinkulturen hergestellt ¹⁾.

Physcia ciliaris (L.). Von einem Flechtenfragmente, die in hängendem Tröpfchen mit obengenannter Nährlösung gelegen war, wurde im Herbst 1916 ein gonidienfreies Teilchen isoliert und gesondert für sich kultiviert. Dieses wurde in einer Erlenmeyer-Flasche mit derselben Nährlösung etwa drei Monate, bis Anfang Februar gehalten, während welcher Zeit es sich sowohl von Gonidien als von anderen fremden Organismen frei erwies. Die Hyphen bildeten ein kleines, hartes Geflecht von etwa 1—2 mm Durchmesser. Die harte Konsistenz wird dadurch veranschauligt, dass es schwer war, Stückchen davon mit den Präpariernadeln zu trennen, so dass ein scharfes Messer dazu angewandt werden musste. Ein kleines Stückchen wurde mikroskopisch untersucht, andere solche wurden auf Asparagin-Agar übergeführt. Das untersuchte Stückchen zeigte ein so dichtes Gewirr von Hyphen, dass diese nur eine kurze Strecke verfolgt werden konnten. Überraschend war nun, dass die Hyphen hie und da Zellen mit deutlich gelbgrünem Inhalt zeigten. In dem beigefügten Tafel findet man einige solche Hyphenteilchen bei 1,000-facher Vergrößerung abgebildet. In einigen Zellen war nur ein schwacher grünlicher oder bläulich grünlicher

¹⁾ Über Hyphenkulturen berichten u. a. die Arbeiten von Möller (8) und Häyrén (3).

Schimmer wahrzunehmen. Da der Farbstoff sich im Plasma diffus verteilt befindet, handelt es sich also nicht um Öltröpfchen.

In der Nährlösung wurden noch eigentümliche sporenartige Gebilde gefunden, die mit doppelten Membranen versehen waren (fig. 11). Die wellenförmig gefaltete äussere Membran verlieh dem ganzen Gebilde ein auffallendes Gepräge. Das Plasma war meistens farblos, in einem Falle war jedoch ein schwacher grünlicher Schimmer wahrzunehmen. Das runde Körperchen in der Mitte stellt wohl einen Kern dar. Die Ursprung dieser Gebilde konnte nicht sicher festgestellt werden, jedoch kann man sich darüber auf Grund einiger anderen Beobachtungen eine Vorstellung bilden. Unter den Hyphen waren nämlich häufig solche mit angeschwollenen Endzellen, wobei unter den letzteren sich auch eine mit doppelter Membran befand (fig. 3). Diese Beobachtung könnte so gedeutet werden, dass die fraglichen Gebilde von den Hyphenenden abgeschnürt werden. Jedoch kommen in dem Hyphengewirr allerlei rundliche Anschwellungen vor, die mit den sporenartigen Gebilden offenbar nichts zu thun haben.

An den obengenannten Gebilden erinnern in merkwürdiger Weise die Zeichnungen von L i r o (l. c. S. 10, fig. 1, A, B, C, H), die leere Gonidien mit zwei Membranen darstellen sollen. Solche Zellen habe ich bei *Cystococcus*-Gonidien trotz jahrelang fortgesetzter Kulturen nie beobachtet. Ebenso teilt L i r o mit (l. c. S. 11), dass er bei grünen lebendigen Gonidien nie eine zweischichtige Membran gesehen hat, obwohl seine Aufmerksamkeit gerade darauf gerichtet war. Mir scheint es immerhin fraglich, ob diese Gebilde wirklich *Cystococcus*-Zellen darstellen. Sollten sie vielleicht mit den von mir gesehenen sporenartigen Gebilden in irgend einem Zusammenhange stehen? Künftige Untersuchungen mögen auf diese Frage eine Antwort geben.

Auf Asparagin-Glukose-Agar war die Farbe der Hyphenzellen oft grünlich braun, bisweilen jedoch schwach grünlich oder schwach bläulich-grün. Auch die ganzen Hyphenkolonien waren bräunlich gefärbt. Sie nahmen äusserst

langsam zu, indem sie in einem Jahre kaum 2 mm im Durchmesser erreichten ¹⁾.

In Kulturen auf dem letztgenannten Substrate traten elliptische, braunschwarze Konidien von 5—7 μ Breite und 8—10 μ Länge auf (fig. 13). Nach einer zufälligen Beobachtung zu urteilen, werden sie von den Hyphenenden abgeschnürt.

Cladonia deformis (L.). Hervorstossende Hyphenenden wurden los präpariert und in die Nährlösung gebracht. Sie bildeten weisse Kügelchen von radial ausstrahlenden Hyphen. Auf Asparagin-Glukose-Agar bildeten sie ebenso weisse, kreisrunde Kolonien, die etwas von der Unterlage hervorstiegen. Diese waren ebenso hart und zäh, wie diejenigen von *Physcia ciliaris*. Das Wachstum war sehr langsam, etwa 2—3 mm im Durchmesser in einem Jahre. Der Gipfel der Kolonien wurde mit der Zeit braun. Im Mikroskope erschien der Inhalt der dem Gipfel entnommenen Hyphen bräunlich, ohne jeden grünlichen Schimmer. Sporen wurden keine gefunden.

Lecidea fuliginea (Ach.), (det. E. A. Wainio). Die Kulturen wurden in derselben Weise hergestellt wie bei der vorigen Art. Die Hyphen wuchsen relativ schnell in der Nährlösung, wo sie weissliche Kugeln bildeten. Auf Asparagin-Glukose-Agar bildeten sie schwarzbraune, flache Kolonien, die sich seitlich ausbreiteten, und nach etwa einem halben Jahre fast die ganze Unterlage in der Petrischale deckten (genaue Messungen liegen nicht vor). Die Kolonien bestanden in einem losen Geflecht von verästelten, zarten Hyphen, die mit der Präpariernadel leicht abbrechen waren.

K ö n n e n F l e c h t e n h y p h e n C h l o r o p h y l l e r z e u g e n ?

Grünliche Inhaltskörper in den Flechtenhyphen sind schon früher öfter beobachtet worden. Eine Zusammen-

¹⁾ Nach Linkola (5) beträgt der durchschnittliche jährliche Längenzuwachs der Thalluslappen einiger *Parmelia*- und *Parmeliopsis*-Arten 0.7—2.5 mm.

stellung der diesbezüglichen Literaturangaben findet man bei L i r o (6 l. c. S. 39—40). Ein wiederholtes Eingehen auf dieselbe scheint mir hier überflüssig, und will ich an dieser Stelle nur auf die neueren Arbeiten von E l f v i n g und L i r o Rücksicht nehmen.

Nach E l f v i n g (2) kommen in den Hyphen von *Physcia pulverulenta* vergrösserte Zellen mit netzförmig vereinigten Bändern vor, die in den fixierten (Flemingsche Lösung) Zellen tiefgrau oder schwarz gefärbt erscheinen. Ähnliche Gebilde in den lebenden Präparaten hatten eine rein grüne Farbe (l. c. Taf. II, fig. 12). Diese Zellen werden von E l f v i n g als Stadien in der Erzeugung der Gonidien von den Hyphen aufgefasst. Von *Arthonia radiata* hat er ebenfalls eine Bildserie gezeichnet, die alle vermittelnden Stadien zwischen entschiedenen Hyphengebilden und Gonidien aufweist (l. c. Taf. III).

L i r o (6) hat seine Beobachtungen an *Alectoria implexa* (L.) Nyl. gemacht. In den Hyphen von frisch aus der Natur geholtem Material kamen nicht selten ganz winzige blassgrüne Körperchen vor. *Alectoria*-Exemplare, die sechs Wochen in einer Rohrzuckerlösung von unbekannter Konzentration (höchstens 10 %) gestanden waren, zeigten um die Gonidienschicht Hyphen mit deutlich grüngefärbten Gebilden, die gleiche Farbe und Struktur besaßen, wie die Chromatophoren der Gonidien (vgl. l. c. S. 11). Nach L i r o war es nicht zu bezweifeln, dass es um Chlorophyll handelte. Die Ähnlichkeit der Struktur sprach für die Annahme, dass die grüne Masse der Gonidien mit den kleinen grünen Gebilden in den Hyphen in irgend einer Weise verwandt sein müsse. Die Hyphen zeigten auch Ausbuchtungen, wo die grünen Gebilde grösser als sonst waren.

Diese sowie ähnliche Beobachtungen von anderen Forschern, die gegen die allgemein angenommene Schwendenersche Lehre zu sprechen scheinen, will nun L i r o mit derselben in Einklang bringen, indem er annimmt, dass Algen in irgend einer Form, etwa als Schwärmsporen, in den Flechtenhyphen eindringen und daselbst entweder als vermehrungsfähige Energiden, oder vielleicht als unselb-

ständige Organe, die von den Hyphen ernährt werden, weiter wachsen. Unter Umständen sollten sich die Algen wieder von den Hyphen befreien und normale Gonidien bilden können. So würden auch die Beobachtungen von *Elfvig* im Sinne der Schwedenerschen Lehre ihre Erklärung finden. Die letztere müsse nach *Liro* »derart erweitert werden, dass man annimmt, dass Algenenergiden unter Umständen in die Flechtenhyphen eindringen und hier weiter vegetieren können« (l. c. S. 51).

Die Hypothese von *Liro* ist in mancher Beziehung intressant, jedoch leidet sie an der Schwäche, dass sie sich hauptsächlich auf Vermutungen und Analogieschlüsse stützt. Irgend eine Beobachtungen, dass Algen in die Flechtenhyphen eindringen, liegen nicht vor. In bezug auf die diesbezüglichen Angaben von *Liro* möchte ich folgende Gesichtspunkte anführen:

1) Die Angaben beziehen sich auf Kulturen, in denen wahrscheinlich auch andere Organismen als Gonidienalgen anwesend waren. Die grünen Körperchen könnten auch von diesen hervorgerufen sein.

2) Einige wichtige Beobachtungen beziehen sich sogar auf Kulturen, in denen Bakterien reichlich vorkamen, die Hyphen zu Grunde gegangen und so weich geworden waren, dass sie bei Berührung leicht zerfielen (l. c. S. 9). Wenn auch die grünen Körperchen in den Hyphen von den Gonidien herstammten, so könnte ihr Vorkommen in solchen Hyphen nicht beweisen, dass sie in die lebenden Hyphen eindringen könnten. Der einzige Fall, in dem ein Hineintreten von grünen Körperchen aus der Gonidie in die Hyphe (oder etwa umgekehrt) beobachtet wurde, bezieht sich offenbar eben auf die genannten Kulturen; ferner wurde das Hineintreten künstlich hervorgerufen.

3) Eine Vermehrung der Gonidienenergiden durch grüne Körperchen, welche am Rande des Chromatophors in der farblosen Peripherie der Zelle zu beobachten sind, ist meines Wissens nie festgestellt worden. Meiner Ansicht nach handelt es sich schlechtweg um Chromatophorstücke, und es scheint mir all zu gewagt, diese als aktiv beweglich und ver-

mehrfachfähig anzunehmen. Die Bewegung derselben muss als ganz passiv angesehen werden. Die anderen grünen Körperchen in den Gonidien, die von L i r o S. 15 beschrieben werden, stellen wahrscheinlich abnorme Protoplasten dar, die in den Kulturen oft auftreten und auf irgend eine Verletzung der Zellen zurückzuführen sind. Sie können z. B. abnorme Schwärmsporen darstellen, die unter den gegebenen Kulturbedingungen nicht zu voller Entwicklung gelangt sind. In einer Nährlösung, wo die Gonidien sonst gut gedeihen, gehen sie bald zu Grunde. Von einer geschlechtlichen Vermehrung der Energiden innerhalb der Gonidien (l. c. S. 16) kann in diesem Zusammenhange durchaus nicht die Rede sein¹⁾.

Die hier genannten Körperchen können also nicht zur Vermehrung der Algenenergiden beitragen. Es bleibt noch die Möglichkeit übrig, dass sie Algenorgane darstellen, die selbst nicht vermehrungsfähig sind, sondern von den Flechtenhyphen derart ernährt werden (L i r o, l. c. S. 32), dass sie sich weiterentwickeln können. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass Algenorgane, die offenbar viel weniger widerstandsfähig als normale Algen sein müssen, in den Hyphen weiterleben könnten, die ja eben Algen verzehren sollen.

4) Es besteht noch die Möglichkeit, dass Schwärmsporen der Gonidien in die Hyphen eindringen könnten, jedoch liegen auch hierüber keine direkte Beobachtungen vor, auch zeigen die grünen Körperchen keine Ähnlichkeit mit den Schwärmsporen.

Obwohl die Hypothese von L i r o nicht durch direkte Beobachtungen gestützt wird, gewinnt sie durch die angeführten Erscheinungen bei anderen Organismen etwas an Wahrscheinlichkeit. Durch dieselbe könnte besonders die Tatsache erklärt werden, dass die grünen Gebilde nur hier und da in den Hyphen vorkommen und unter Umständen in der Form von abgegrenzten Körperchen in den sonst farblosen Hyphen auftreten. In letztgenannter Hinsicht

¹⁾ Es wird hier immer vorausgesetzt, dass die besprochenen grünen Gebilde Gonidienenergiden in irgend einer Form darstellen sollen.

verhielten sich jedoch meine Kulturen in anderer Weise, denn hier war die grüne Farbe diffus über das ganze Protoplasma der Hyphenzelle verteilt. Von einer Einwanderung einer Alge in die farblose Zelle kann hier offenbar nicht die Rede sein. Die Entstehung der grünen Farbe muss unbedingt auf die Tätigkeit des Hyphenplasmas zurückgeführt werden. Damit will ich nicht sagen, dass die grünen Zellen den Anfang zu Gonidien darstellen sollten. Ihre Farbe war nicht mit derjenigen der Gonidien, die in gleicher Nährlösung gleichzeitig gezüchtet wurden (vgl. die beigefügte Tafel), identisch¹⁾. Sie trat in verschiedenen Abstufungen auf: in einigen Zellen war sie nur schwach bläulich grün, in anderen wieder deutlich gelbgrün, während sie in den Agarkulturen meistens ins grünlichbraun fiel. Eine bestimmte Erklärung wäre noch zu früh. Vielleicht stammen die Flechtenpilze von Organismen her, die die Fähigkeit der Chlorophyllerzeugung besaßen, und dieselbe auch noch unter gewissen Bedingungen aufweisen können. So viel scheint mir jedenfalls fest zu stehen, dass ein Farbstoff, der mit Chlorophyll verwandt sein muss, in den Hyphen unter gewissen Bedingungen entstehen kann.

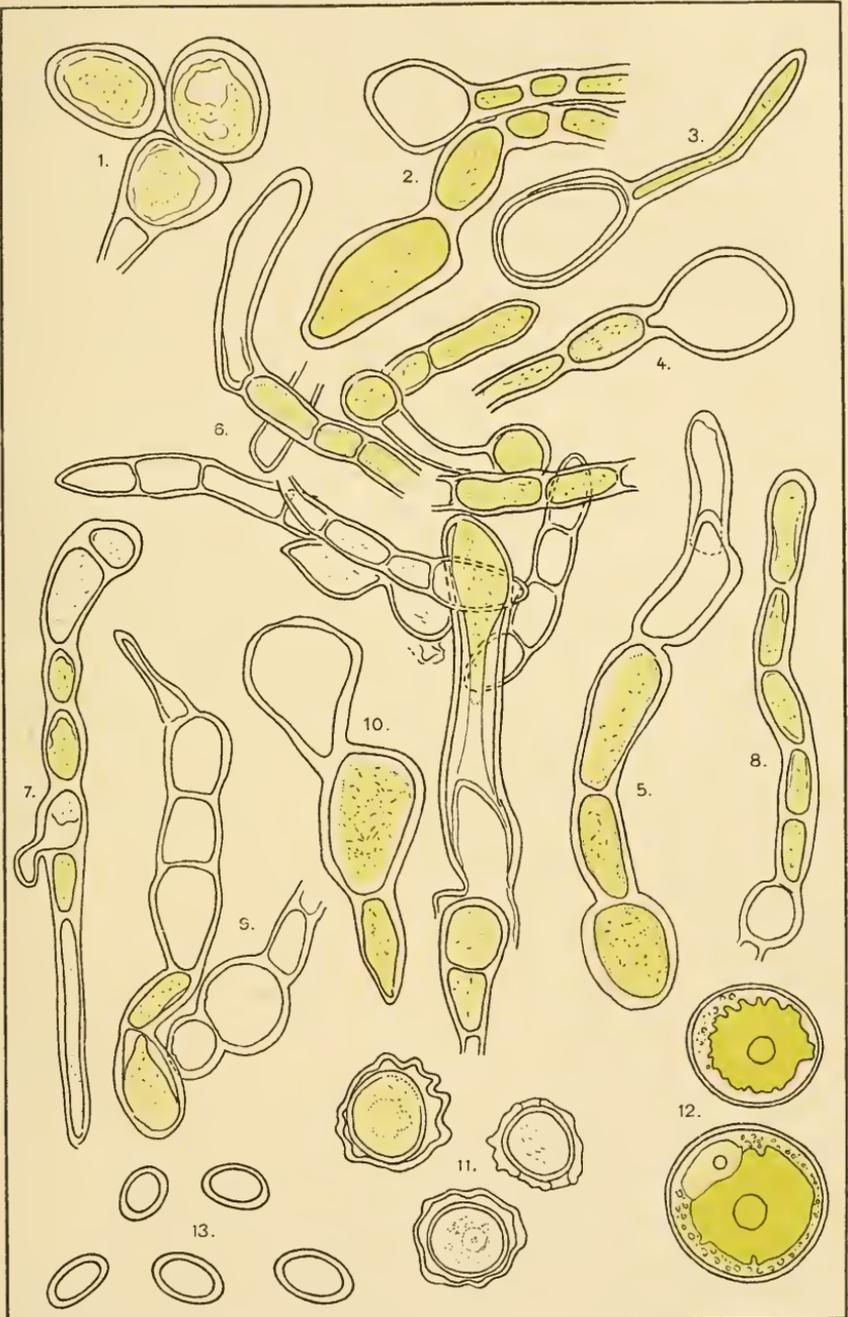
Erklärung der Tafel.

- 1—11 und 13 = Hyphengebilde, 12 = Gonidien von *Physcia ciliaris* (L.) in Nährlösung. Vergrößerung 1000 : 1.
- 1—10. Hyphenteilchen mit grünen Zellen.
3. Angeschwollene Endzelle mit doppelter Membran.
 6. Isolierter Hyphenkomplex in hängendem Tröpfchen.
 7. Anfang zur Verzweigung der Hyphe.
 11. Sporenartige Gebilde mit doppelter Membran.
12. Gonidien aus derselben Nährlösung, wo die Hyphen gewachsen sind¹⁾.
13. Konidien aus einer Kultur auf Asparagin-Glukose-Agar.

¹⁾ Die Farbe der Gonidien in der Tafel sollte eigentlich tiefer grün und weniger gelblich sein, als diejenige bei den Hyphenzellen.

Literaturverzeichnis.

- 1) Darbshire, O. V.: Kritische Bemerkungen über das »Microgonidium» (»Hedwigia» 1895, Bd. XXXIV, Sep. 8:o.)
 - 2) Elfving, Fredr.: Untersuchungen über die Flechtengonidien. (Acta Societatis Scientiarum Fennicae. Tom. XLIV. N:o 2. Helsingfors 1913).
 - 3) Häyrén, E.: Beobachtungen bei Kultur von Flechtenfragmenten (Comptes rendus du Congrès des naturalistes et médecins du Nord à Helsingfors du 7 au 12 juillet 1902. Sect. VII, p. 31—32).
 - 4) Körber, G. W.: Zur Abwehr der Schwendener-Bornet'schen Flechtentheorie. Breslau 1874.
 - 5) Linkola, K.: Messungen über den jährlichen Längenzuwachs einiger *Parmelia*- und *Parmeliopsis*-Arten. (Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica, 44, 1917—1918. Separat. Helsinki, 1918).
 - 6) Liro, J. Ivar: Können Algen in den Flechtenhyphen vorkommen? Helsinki, 1914.
 - 7) Minks, Arthur: Die Mikrogonidien und die von Darbshire in Hyphenzellen gefundenen grünen Körperchen. Dresden 1897. (Sonderabdruck aus »Hedwigia», Bd. XXXVI, 1897).
 - 8) Möller, Alfred: Ueber die Cultur flechtenbildender Ascomyceten ohne Algen. Inaugural-Dissertation. Münster i W. 1887.
 - 9) Steiner, Julius: *Verrucaria calciseda*. *Petractis exanthe-matica*. (Separatabdruck aus dem XXXI. Programme des k. k. Staats-Obergymn. Klagenfurt, 1881).
 - 10) Wärén, Harry: Reinkulturen von Flechtengonidien. (Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar. Bd. LXI. 1918—1919. Afd. A. N:o 14. Helsingfors, 1920).
 - 11) Zukal, Hugo: Flechtenstudien (Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, 1884, Bd. 48, Sep. 4:o.)
 - 12) — Epilog zu meinen »Flechtenstudien». (Botanisches Centralblatt, 1885, Bd. 23, 3, S. 292).
- Weitere Literaturangaben findet man in der Arbeit von Liro.
-
-



Harry Warén del.



ÖVERSIKT

AV

FINSKA VETENSKAPS-SOCIETETENS

FÖRHANDLINGAR

LXII.

1919—1920.

A. MATEMATIK OCH NATURVETENSKAPER.



HELSINGFORS 1921.

Pris 30 mark.

MBL WHOI Library - Serials



5 WHSE 04377

