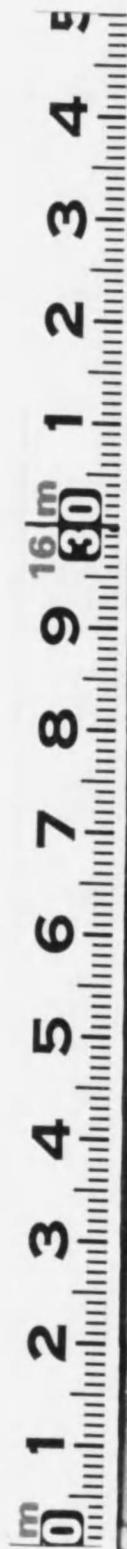


始



**DETERMINISMUS**  
ODER  
**INDETERMINISMUS?**

**VORTRAG**

VON

**DR. MAX PLANCK**  
PROFESSOR DER THEORETISCHEN PHYSIK  
AN DER UNIVERSITÄT BERLIN



**DAIGAKUSYORIN - VERLAG / TOKYO**



特 240  
599

**DETERMINISMUS  
ODER  
INDETERMINISMUS?**



**DR. MAX PLANCK**



**VERLAG VON DAIGAKUSYORIN**



Meine hochverehrten Damen und Herren!

Es mag einigermaßen bedenklich erscheinen, wenn ich es unternehme, heute vor Ihnen über ein allgemeines Thema meines Arbeitsgebietes zu sprechen. Denn abgesehen von den Schwierigkeiten, die an sich schon mit der Aufgabe verbunden sind, vor einem Zuhörerkreis, der sich zu meist aus Angehörigen praktischer Berufe zusammensetzt, Gedankengänge von rein wissenschaftlichem Charakter zu entwickeln, muß ich doch vor allem damit rechnen, daß Ihre Interessen gerade in der gegenwärtigen Zeit von ganz anderen Dingen in Anspruch genommen sind, hinter denen alle Angelegenheiten von mehr theoretischer Art zurücktreten müssen. Was mir demgegenüber eine gewisse Ermutigung gibt, ist nicht nur das Gefühl der Verpflichtung, einer schon vor längerer Zeit an mich ergangenen freundlichen und ehrenvollen Einladung Folge leisten zu sollen, sondern hauptsächlich auch die Überlegung, daß das Thema, welches ich zu behandeln gedenke, eine

unvergängliche Bedeutung besitzt, -und daß sein Inhalt recht verschiedenartige und auch sehr praktische Seiten aufweist. Es bezieht sich auf Lebenserfahrungen, die uns so geläufig sind, daß ihre besondere Betonung fast überflüssig erscheint, es regt aber auch wieder zu Fragen an, die der wissenschaftlichen Forschung bis heute noch unüberwindliche Schwierigkeiten bereiten. So möchte ich mich der Hoffnung hingeben, daß es mir gelingen könnte, wenigstens in dem einen oder in dem anderen Punkt Ihre Teilnahme anzuregen und Ihre Aufmerksamkeit auf eine Frage zu lenken, deren Bedeutung sich von den Äußerlichkeiten des alltäglichen Lebens ab bis in die Tiefen der Weltanschauung hinein auswirkt.

## I

Ist alles, was in der Welt geschieht, im voraus bis auf jede Einzelheit festgelegt, determiniert, oder ist es nicht determiniert? Anders gesprochen: bestehen für den Ablauf der Ereignisse in der Natur und im Geistesleben ganz bestimmte Gesetze, oder herrscht bei ihnen, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, Zufall, Willkür, Freiheit, oder wie man

das nennen will? Wenn jemand eines Tages vom Blitz getroffen wird, oder wenn jemand das große Los gewinnt, ist das schicksalhafte Vorherbestimmung und daher eherne Notwendigkeit, oder ist es blinder Zufall? Oder wenn jemand sich von einem hohen Turm herabstürzt, wird er da von einem inneren Zwang getrieben oder handelt er aus selbständigem freien Entschluß?

Das sind Fragenkomplexe, welche von jeher die Philosophen aller Zeiten und Völker beschäftigt haben und die heute gerade für die exakte Naturwissenschaft wieder erneutes Interesse in Anspruch nehmen. Es scheint gegenwärtig so, als ob die Geister je nach der Antwort, die sie auf diese Fragen geben, sich in zwei entgegengesetzte Lager spalten, deren Lösungsworte sich diametral entgegenstehen: hie Determinismus, hie Indeterminismus! und da es nun einmal bequem und üblich ist, die Menschen, über deren geistige Einstellung man sich ein Urteil bilden möchte, in bestimmte Kategorien einzuordnen, so wird ein jeder, der sich zu dieser Frage äußert, entweder als Determinist oder als Indeterminist abgestempelt. Da ist es nun interessant und ergötzlich zu sehen, wie der Kampf der Meinungen hin- und hergeht, und wie mit allen

Künsten der Beweisführung die feinsten und die größten Argumente gegeneinander geschleudert werden. Weniger ergötzlich ist es, wenn man bei näherem Zusehen bemerkt, daß die meisten  
 5 Geschosse, so hüben wie drüben, an ihrem Ziele vorbeigehen, und daß daher der ganze Kampf ohne nennenswertes Ergebnis bleibt.

Die Ursache dieser unerfreulichen Erscheinung ist nicht schwer zu erkennen. Sie liegt in dem  
 10 Umstand, daß die Voraussetzungen, von denen die streitenden Parteien bei ihren Schlußfolgerungen ausgehen und die sie von vornherein als selbstverständlich gegeben betrachten, auf beiden Seiten verschiedene sind, und daß es meistens unterlassen  
 15 wird, den Inhalt dieser Voraussetzungen entsprechend seiner Bedeutung ausdrücklich an die Spitze der Beweisführung zu stellen. Da ist es nicht zu verwundern, wenn die verschiedenen Voraussetzungen zu verschiedenen Resultaten führen,  
 20 und wenn jede der beiden Parteien an ihrem Resultat hartnäckig festhält.

So kann es kommen, daß ein gewisses Geschehnis, sei es in der Natur oder in der Geisteswelt, als determiniert oder als nicht determiniert erscheint,  
 25 je nach den Voraussetzungen, unter denen man an

seine Betrachtung herantritt. Diesen eigentümlichen Sachverhalt möchte ich zunächst durch Besprechung einiger speziell ausgewählter Beispiele etwas näher beleuchten.

## II

Knüpfen wir zunächst einmal an einen ganz trivialen, dem täglichen Leben entnommenen Fall an. Denken wir an das morgige Wetter. Ist das morgige Wetter determiniert oder ist es nicht determiniert? Wenn man bedenkt, daß es unter  
 10 allen Arten von Prophezeiungen natürlicher Ereignisse kaum eine gibt, die trügerischer ist als die Wetterprognose, so wird man ohne weiteres das morgige Wetter als indeterminiert bezeichnen.

Anders wird die Sache, wenn in Betracht gezogen  
 15 wird, daß die Faktoren, die das Wetter bedingen: Temperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windstärke, Feuchtigkeit, wohlbekanntem physikalischen Gesetzen unterworfen sind, nach denen sie sich in ganz bestimmter Weise ändern. Im Hinblick auf  
 20 diese Gesetze wird man dann schließen, daß die Unsicherheit des morgigen Wetters nur auf unserer Unkenntnis der tatsächlichen Verhältnisse beruht

und daß in Wirklichkeit das morgige Wetter vollkommen determiniert ist.

Aber mit dem Wort „wirklich“ soll man vorsichtig umgehen. Seine Bedeutung kann manchmal recht  
 5 zweifelhaft sein, und sein Gebrauch am ungeeigneten Ort hat schon oft zu Mißverständnissen Anlaß gegeben. Was ist denn z. B. das Wirkliche an einem Stern, den wir am Nachthimmel leuchten sehen? Ist es die glühende Materie, aus der der Stern  
 10 besteht, oder ist es die Lichtempfindung, die wir von ihm in unserem Auge haben? Der Realist behauptet das erstere, der Positivist das letztere. Eine jede der beiden Behauptungen hat etwas für sich und läßt sich mit einleuchtenden Gründen vertreten.  
 15 Und doch darf keine von ihnen den Anspruch erheben, allein berechtigt zu sein. Wenn man aber beide Behauptungen als zulässig betrachtet, so hat das Wort „wirklich“ gar keinen bestimmten Sinn mehr. Solange dieser Punkt nicht ausdrücklich  
 20 klargestellt ist, verbleibt hier eine stete Quelle von Undeutlichkeit und von Mißverständnissen.

Um nun auf unsern Satz zurückzukommen, daß das morgige Wetter „in Wirklichkeit“ determiniert ist, so hängt bei seiner Beurteilung offenbar alles  
 25 davon ab, was man als Wirklichkeit ansehen will.

Und da kann man sehr wohl eine Auffassung geltend machen, welche unweigerlich zu dem Schluß führt, daß der Inhalt des Satzes unrichtig ist und daß er durch sein Gegenteil ersetzt werden muß. Denn man kann sagen: „wirklich“ sind nicht die  
 5 physikalischen Gesetze und deren Anwendung zur exakten Berechnung aller Einzelheiten des Wetters, sondern „wirklich“ sind die Meteorologen, die den Wetterdienst verrichten und die auf Grund des  
 10 ihnen vorliegenden Materials ihre Prognose ausarbeiten. Alles andere ist Theorie, ist Verallgemeinerung, Idealisierung, aber nicht Wirklichkeit. Von diesem Standpunkt aus gesehen ist also das morgige Wetter „in Wirklichkeit“ indeterminiert, für jetzt und wohl auch für alle absehbaren  
 15 Zeiten.

Um derartige Zweideutigkeiten zu vermeiden, wird es sich in diesem, wie in anderen Fällen empfehlen, Worte wie „wirklich“ oder „scheinbar“ oder „als ob“, falls ihr Sinn nicht ohne weiteres  
 20 deutlich ist, ganz zu vermeiden und an ihrer Stelle diejenigen Voraussetzungen ausdrücklich zu bezeichnen, die man jeweils mit ihnen verbindet. Erst dann erhält die betreffende Aussage eine unmißverständliche Bedeutung. Auf unseren Fall ange-  
 25

wendet werden wir dann das Folgende als eindeutiges und ein wandfreies Ergebnis dieser Betrachtung aussprechen dürfen: je nachdem man für die Bestimmung des Wetters die genaue Anwendung der physikalischen Gesetze oder aber die tatsächlich zur Verfügung stehenden Hilfsmittel der Meteorologie als Voraussetzung zugrunde legt, ist das morgige Wetter als determiniert oder als nicht determiniert zu bezeichnen. So lang aber eine ausdrückliche Angabe über jene Voraussetzung fehlt, darf man die Frage, ob determiniert oder nicht, weder mit ja noch mit nein beantworten. Sie hat dann überhaupt keinen Sinn, und der Streit darüber kann endlos dauern.

Ganz dasselbe gilt für die Determiniertheit anderer Ereignisse. Auch bei dem früher von mir erwähnten Lotteriespiel hat die Frage, ob die Nummer des gezogenen Loses in Wirklichkeit gesetzlich determiniert ist oder ob sie dem Zufall entspringt, eine verschiedene Bedeutung je nach den Voraussetzungen, die man mit dem Worte „Wirklichkeit“ verbindet. Wenn man die genaue Berücksichtigung sowohl der Lagerung aller einzelnen Losnummern in der Urne als auch der Bewegungen der das Los herausgreifenden Hand zur Voraussetzung macht, so ist

die gezogene Nummer vollständig determiniert; im anderen Falle ist sie indeterminiert und dem Zufall überlassen. Von jeder der beiden einander entgegenstehenden Voraussetzungen könnte man mit gewissem Rechte behaupten, daß sie der Wirklichkeit entspricht, und man sieht auch hier wieder, daß es sich zur Vermeidung von Mißverständnissen stets empfiehlt, sich nicht einfach auf die „Wirklichkeit“ zu berufen.

Dieser Sachverhalt liegt so offen und klar, daß seine Darlegung ganz gewiß ohne Nachteil auch wesentlich kürzer von mir hätte gefaßt werden können. Ich bin nur deshalb ausführlicher darauf eingegangen, weil die besprochenen Beispiele eine zweckmäßige Vorbereitung bilden dürften für die Behandlung von Fällen, bei denen die Verhältnisse verwickelter liegen und nicht so leicht auf den ersten Blick zu überschauen sind.

### III

Wie steht es denn nun mit dem anderen Fall, daß jemand sich von einem Turm herabstürzt? Hier treffen wir offenbar auf das uralte Problem der Willensfreiheit. Ist der menschliche Wille determi-

niert? Auch hier kommt alles auf die Voraussetzungen an, mit denen man an die Beantwortung der Frage herangeht.

Wenn man sich auf den Standpunkt objektiv wissenschaftlicher Betrachtung stellt, so muß der menschliche Wille als vollkommen determiniert angesehen werden. Denn die Wissenschaft kann mit einem freien Willen nichts anfangen. Der Historiker, der Biograph, der Psychologe, der Psychiater, geht stets von der Voraussetzung aus, daß die Willensentscheidungen der von ihm behandelten Persönlichkeiten zurückzuführen sind auf bestimmte Ursachen, Motive, bewußter oder unbewußter Art, die in der geistigen Verfassung der betreffenden Personen ihren Ursprung haben und durch äußere Umstände ausgelöst werden. Eine Berufung auf die Willensfreiheit seines Helden bzw. seiner Versuchsperson oder seines Patienten wäre für ihn gleichbedeutend mit dem Verzicht auf wissenschaftliches Verständnis.

Daher hört man von exakt wissenschaftlich eingestellter Seite her häufig die Behauptung, die Willensfreiheit sei nur eine scheinbare, in Wirklichkeit sei der Wille stets streng determiniert. Hier haben wir wieder die ominösen Worte „scheinbar“ und

„wirklich“. Man kann auch hier wieder gerade umgekehrt die Behauptung aufstellen: das Wirklichste, was es auf der Welt gibt, ist unser Selbstbewußtsein, als der Ursprung jeglichen Denkens. Was ist wirklicher als das sichere Gefühl, daß, wenn wir, vor eine wichtige Entscheidung gestellt, alle Gründe, welche für und welche gegen einen bestimmten Entschluß sprechen, auf das Sorgfältigste überlegt und gegeneinander abgewogen haben, im letzten Augenblick immer noch die Möglichkeit besitzen, wenn vielleicht auch nur aus Laune, gerade das Entgegengesetzte zu tun von dem, was wir uns vorher überlegt hatten? Was ist wirklicher als die mit dem Verantwortungsbewußtsein verbundene Qual der Unschlüssigkeit, die eine solche Entscheidung manchmal mit sich bringt? Wenn wir von dieser Auffassung der Wirklichkeit ausgehen, dann ist die Willensfreiheit gewiß nicht scheinbar, sondern sie ist mit allen ihren Merkmalen wirklich und wahrhaftig vorhanden.

Wir erkennen hier also wieder ganz den nämlichen Sachverhalt wie in unseren früheren Beispielen, und können auch hier feststellen, daß der Streit darüber, ob der menschliche Wille determiniert oder nicht determiniert ist, in Wahrheit ein Streit um die Be-

trachtungsweise ist, nämlich um die Voraussetzungen, mit denen man an die Beurteilung einer Willenshandlung herangeht. Diese Voraussetzungen sind, wie ich bei früheren Gelegenheiten wiederholt  
 5 und ausführlich darzulegen suchte, wesentlich andere für einen fremden Beobachter wie für das eigene Ich. Der fremde Beobachter vermag, wenigstens grundsätzlich, die Motive meiner eigenen Willenshandlungen, auch der mir selber unbewußten,  
 10 vollständig zu durchschauen. Wie weit er das tatsächlich fertig bringt, ist lediglich eine Frage seiner geistigen Überlegenheit. Dagegen ist es grundsätzlich keinem Menschen, mag er geistig noch so hoch stehen, möglich, die Motive einer von ihm selber zu  
 15 treffenden Willensentscheidung vorher vollständig zu erkennen, und zwar deshalb, weil die eigenen Willensmotive durch das Nachdenken über sie beeinflusst und verändert werden. Daher bleiben die bei der Willensentscheidung endgültig ausschlag-  
 20 gebenden Motive stets unterhalb der Schwelle des eigenen Bewußtseins und entziehen sich dem abwägenden Verstand.

Lassen wir, um das Ergebnis unserer Betrachtung auch hier unzweideutig zu formulieren, das  
 25 Wort „wirklich“ wieder aus dem Spiel, so können

wir sagen: vom objektiv wissenschaftlichen Standpunkt aus betrachtet ist der menschliche Wille determiniert, dagegen vom subjektiven Standpunkt des Selbstbewußtseins aus betrachtet ist der menschliche Wille frei. In diesen beiden Sätzen steckt  
 5 weder eine Unklarheit noch ein begrifflicher Widerspruch. Sie stehen sich vollkommen koordiniert gegenüber, man darf keinen von ihnen geringer bewerten als den anderen.

## IV

Wenn in so grundverschieden gearteten Fällen, wie in den bisher besprochenen Beispielen, die nämlichen eigentümlichen Tatbestände zum Vorschein kommen, so werden wir berechtigt sein, diesen Tatbeständen eine allgemeinere Bedeutung beizulegen  
 15 und sie auch für andere Fälle als zutreffend anzunehmen. Danach ist ein Geschehnis, sei es in der materiellen oder in der geistigen Welt, niemals schlechthin determiniert oder indeterminiert. Vielmehr gilt das eine oder das andere je nach den Vor-  
 20 aussetzungen, von denen man bei der Prüfung der Frage ausgeht. Diese Voraussetzungen müssen vorher genau angegeben werden, sonst hat die Frage

nach dem Determinismus oder Indeterminismus gar keinen Sinn. Im übrigen können von vorne herein ganz verschiedenartige Voraussetzungen möglich sein. Daher ist es niemals ausgeschlossen, daß durch eine passende Änderung in der Wahl der Voraussetzungen ein indeterminiertes Geschehen zu einem determinierten wird, oder umgekehrt.

Aber noch eine zweite allgemeine Folgerung von nicht minderer Wichtigkeit läßt sich aus den übereinstimmenden Ergebnissen unserer bisherigen Betrachtungen entnehmen. Sobald es sich um die wissenschaftliche Betrachtungsweise handelt, werden die Voraussetzungen, die der Erforschung eines Geschehnisses zugrunde gelegt werden, stets so gewählt, daß das Geschehnis determiniert ist. Das sahen wir sowohl bei der Frage nach dem morgigen Wetter, welches durch die Gesetze der Physik vollständig bestimmt wird, als auch bei der Frage nach dem menschlichen Willen, der durch historische oder psychologische Forschung auf seinen Ursprung zurückgeführt wird. In der Tat ist es ja gerade die Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung, die Zusammenhänge im Ablauf eines Geschehnisses möglichst vollständig zu erkennen, und das kann auf keine bessere Weise erreicht werden als durch Ein-

führung von Voraussetzungen, die das Geschehnis als ein determiniertes erscheinen lassen. Der hierdurch erlangte Vorteil der Betrachtungsweise ist so groß, daß die Wissenschaft sich ihm zuliebe stellenweise vom praktischen Leben mehr oder weniger weit entfernt. Sie wendet sich ab von der tatsächlichen Arbeit der Meteorologen mit ihren beschränkten Hilfsmitteln und sucht sie zu idealisieren, indem sie den Forschern unbeschränkte Kenntnisse und Fähigkeiten in der Anwendung und Durchrechnung der physikalischen Gesetze zuschreibt. Und um den menschlichen Willen als vollkommen determiniert erkennen zu können, muß der wissenschaftliche Forscher darauf verzichten, seinen eigenen Willen zu betrachten, von dem er doch im Leben am unmittelbarsten Bescheid weiß, und muß sich damit begnügen, nach Analogie seines eigenen Willensbewußtseins die Willensäußerungen anderer Persönlichkeiten, sei es als Historiker oder als Psychologe zu studieren. Denn nur so kann er den Abstand vom Objekt seiner Untersuchung gewinnen, welcher die notwendige Voraussetzung dafür bildet, daß die Willenshandlungen als determiniert betrachtet werden können. Dieser Verzicht auf Lebensnähe und Anschaulichkeit bedeutet ein

schweres Opfer, aber das Opfer muß gebracht werden und wird gebracht mit Rücksicht auf den ungleich höheren Gewinn, welcher der wissenschaftlichen Forschung aus der Einführung des Determinismus erwächst.

Und wie in den besprochenen Beispielen, so wird es auch in allen anderen Fällen sein. Wir können es geradezu als die erste Aufgabe der wissenschaftlichen Betrachtung eines Geschehnisses bezeichnen, daß sie diejenigen Voraussetzungen aufsucht und einführt, welche das Geschehnis vollständig determinieren.

## V

Unsere bisherigen Überlegungen und ihre Ergebnisse können uns als passende Vorbereitung dienen zur Behandlung einer weiteren Frage, die durch die Entwicklung der Quantenmechanik entstanden ist und die gegenwärtig wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung das Interesse der Physiker und anderer Kreise weit über die Physik hinaus in hohem Maße in Anspruch nimmt. Es ist die Frage, ob die feinsten physikalischen Geschehnisse, die atomaren Vorgänge, determiniert oder indeterminiert sind.

Lassen Sie mich auch hier wieder an einen konkreten Fall anknüpfen. Ein Strahl von Elektronen, die sich alle mit der nämlichen Geschwindigkeit in der nämlichen Richtung, im übrigen aber ungeordnet und unabhängig voneinander bewegen, falle schräg auf ein sehr dünnes Kristallblättchen. Dann wird ein gewisser genau anzugebender Prozentsatz dieser Elektronenschar vom Kristall reflektiert, der Rest fliegt durch den Kristall hindurch. Der Fall, daß einmal ein Elektron im Kristall stecken bleibt, kann ganz außer Betracht gelassen werden, wenn wir das Blättchen hinreichend dünn annehmen. Falls aber nur ein einziges Elektron mit der betreffenden Geschwindigkeit in der betreffenden Richtung auf den Kristall trifft, so kann es nur entweder reflektiert oder durchgelassen werden. Denn das Elektron bleibt stets ein Ganzes, eine Spaltung in zwei Teile ist unmöglich. Das Gesetz der Reflexion der Elektronen an dem Kristall ist also ein statistisches. Es bestimmt nur das Verhalten einer großen Anzahl von Elektronen, es versagt aber bei der Frage nach dem Verhalten eines einzelnen Elektrons. Man kann dies auch so ausdrücken, daß man sagt: Was sich beim Auftreffen eines einzelnen Elektrons auf den Kristall in bestimmter Weise

spaltet, ist nicht das Elektron selber, sondern ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das ganze Elektron den einen oder den anderen Weg nimmt.

Diese einfache anschauliche Vorstellung und die  
 5 ihr entsprechende in sich vollkommen geschlossene Theorie hat sich in diesem wie in vielen andersartigen Fällen ausgezeichnet bewährt und ist insofern durchaus befriedigend. Daher sind gegenwärtig zahlreiche Physiker geneigt, sie als die  
 10 endgültige Lösung des Problems zu betrachten, und bezeichnen demgemäß die Reflexion eines einzelnen Elektrons beim Auftreffen auf den Kristall als einen in absoluten Sinne indeterminierten Vorgang.

Das ist nun eine Verallgemeinerung von so weit-  
 15 tragender Bedeutung, daß sie, ehe man sich ihr anschließt, einer eingehenden Prüfung unterzogen werden muß. Vor allem ist zu fragen, wie sich diese Behauptung zu dem Ergebnis unserer vorigen Betrachtungen verhält, wonach ein Vorgang niemals  
 20 bedingungslos als determiniert oder indeterminiert bezeichnet werden kann, sondern nur mit Rücksicht auf die Voraussetzungen, die man seiner Betrachtung zugrunde legt. Sollte das auch für die Elektronenreflexion zutreffen? Und, wenn das der Fall  
 25 ist, sollten die Voraussetzungen, deren Benutzung

notwendig zur Annahme des Indeterminismus führt, nicht durch andere Voraussetzungen ersetzt bzw. ergänzt werden können, welche den Vorgang als determiniert erscheinen lassen, ebenso wie wir das in den früher behandelten Fällen feststellen  
 5 konnten?

Das sind Fragen, die es sich gewiß lohnt, etwas näher zu beleuchten. Denn darüber kann nach dem früher Gesagten kein Zweifel bestehen, daß, falls eine positive Beantwortung auch nur in Aussicht  
 10 stünde, die wissenschaftliche Forschung sich ihrer bemächtigen und sie bis in ihre letzten Konsequenzen verfolgen würde.

## VI

Beginnen wir mit einer Untersuchung der Be-  
 15 gründung und der Durchführbarkeit eines prinzipiellen Indeterminismus in der Atomphysik, zunächst wieder im Hinblick auf das Beispiel der Elektronenreflexion an einem Kristallblättchen. Aus der Tatsache, daß ein Elektron, welches mit be-  
 20 stimmter Geschwindigkeit in bestimmter Richtung auf den Kristall trifft, nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit Reflexion erfährt, wird gefol-

gert, daß der Vorgang der Elektronenreflexion prinzipiell indeterminiert sei, und diese Folgerung wird damit begründet, daß die Frage, unter welcher Bedingung ein einzelnes Elektron reflektiert wird, physikalisch keinen Sinn habe. Denn physikalisch sinnvoll seien nur solche Fragen, welche sich durch Messungen prüfen lassen.

Das klingt sehr einleuchtend, führt aber doch zu keiner Entscheidung. Denn genau genommen gibt es überhaupt keine einzige physikalische Frage, welche direkt, ohne Zuhilfenahme einer Theorie, durch Messungen geprüft und eindeutig beantwortet werden kann. Jedes Messungsergebnis ist ja zusammengesetzter Art, bei jeder Messung wirken stets mehrere verschiedene physikalische Vorgänge zusammen, deren Zahl und Mannigfaltigkeit mit der Feinheit der Messung sich ins Unabsehbare steigert, so daß stets eine Theorie herangezogen werden muß, um das Knäuel zu entwirren und zu deuten. Man denke nur an die zahlreichen Korrekturen, die mit der Ausführung einer einzigen feinen Wägung verbunden sind.

In Würdigung dieses Umstandes wird daher die Definition einer physikalisch sinnvollen Frage häufig dahin präzisiert, daß eine Prüfung der

Frage durch Messungen wenigstens „prinzipiell“ möglich sein soll. Ja, aber welches Prinzip ist dabei zu benützen? Die Prinzipien sind doch nicht von vornherein gegeben. Es kommt also doch jedesmal darauf hinaus, daß man, ehe eine Frage als physikalisch sinnvoll oder sinnlos erklärt werden kann, sich auf den Standpunkt einer bestimmten Theorie stellen muß.

Sollte dieser Satz noch irgendeinem Zweifel unterliegen, so genügt ein Hinweis auf die historische Tatsache, daß es eine ganze Anzahl von Fragen gibt, die je nach dem Wechsel der Theorien als sinnlos oder als sinnvoll bezeichnet worden sind. Ich nenne hier nur die Frage nach der gegenseitigen Umwandlung der chemischen Elemente oder die Frage nach der Entstehung von Materie aus Licht, die früher durch Jahrhunderte hindurch ohne weiteres als sinnlos betrachtet wurden und die gegegenwärtig als Gegenstand scharfsinniger Untersuchungen im Mittelpunkt des physikalischen Interesses stehen. Andererseits wird die Frage nach der Konstruktion eines perpetuum mobile auch heute noch als sinnlos bezeichnet, aber nur deshalb, weil und so lange das Prinzip der Erhaltung der Energie als gültig anerkannt wird.

Ebenso verhält es sich nun auch mit der Frage nach den Bedingungen, die dafür entscheidend sind, mögen sie nun experimentell realisierbar sein oder nicht, ob ein auf den Kristall treffendes Elektron  
 5 von dem Kristall reflektiert oder ob es durchgelassen wird. Das ist eine Frage, an der die wissenschaftliche Forschung nun einmal nicht vorbeigehen kann, und die man niemals ohne Berufung auf eine Theorie als sinnlos wird ablehnen dürfen.

10 Wenn es sich somit als aussichtslos erweist, den prinzipiellen Indeterminismus durch ein allgemeines Kriterium zu begründen, so muß man mit seiner Einführung um so vorsichtiger sein. Denn es ist zu bedenken, daß der prinzipielle Indeterminismus  
 15 durch seinen grundsätzlichen Verzicht auf die Beantwortung einer bestimmt gestellten physikalischen Frage das Ziel der wissenschaftlichen Forschung, das doch auf die Aufdeckung der gesetzlichen Zusammenhänge zwischen den beobachtbaren Natur-  
 20 erscheinungen gerichtet ist, wesentlich tiefer steckt. Er verschließt ohne zwingende Not von vornherein eine Pforte, die möglicherweise in ein Gebiet ganz neuartiger Erkenntnisse führen könnte.

Auf der anderen Seite muß aber doch auch wieder  
 25 in Betracht gezogen werden, daß der prinzipielle In-

determinismus keineswegs logisch undenkbar ist. Wenn auch kein direkter Beweis seiner Unentbehrlichkeit erbracht werden kann, so läßt er sich doch auch nicht von vorne herein als unannehmbar bezeichnen. Wir wollen daher einstweilen die  
 5 geschilderten Bedenken zurückstellen und noch etwas näher prüfen, in welcher Weise das Prinzip des Indeterminismus durchzuführen wäre.

Die bisherige Physik kannte im Prinzip nur determinierte Vorgänge. Wenn nun für die  
 10 atomaren Vorgänge der prinzipielle Indeterminismus eingeführt werden soll, so fragt es sich vor allem, ob und inwieweit man ihm auch für molare, gröbere Vorgänge Bedeutung und Gültigkeit zuschreiben soll. Gewöhnlich wird diese Frage in  
 15 der Weise beantwortet, daß man die atomaren Vorgänge als indeterminiert, die molaren als determiniert bezeichnet und dementsprechend zwischen Mikrophysik und Makrophysik unterscheidet. Aber mit dieser Festsetzung wird man auf die Dauer  
 20 nicht durchkommen. Denn sie bedingt die Existenz einer scharfen Grenze zwischen Mikrophysik und Makrophysik, und die gibt es sicherlich nicht, weil Größenordnungsgebiete niemals durch scharfe  
 25 Grenzlinien getrennt sind, sondern stets allmählich

ineinander übergehen. Wir wissen aus der Kolloidchemie und aus der Biochemie, daß es unmöglich ist, molare und molekulare Vorgänge prinzipiell voneinander zu unterscheiden. Würde man nun aber  
 5 versuchen, dementsprechend einen stetigen Übergang vom Determinismus in der Molarwelt zum Indeterminismus in der Atomwelt anzunehmen, so würde man erst recht in Schwierigkeiten geraten. Denn ein Vorgang, in welchen auch nur eine Spur  
 10 von Indeterminismus hineinspielt, ist als Ganzes indeterminiert. Daran kann nicht der geringste Zweifel bestehen.

Es bleibt also konsequenterweise nichts übrig, als den Indeterminismus entweder gänzlich auszuschalten oder grundsätzlich allenthalben einzuführen, ein  
 15 Drittes ist nicht möglich. Damit wachsen aber die Schwierigkeiten einer Durchführung des Indeterminismus ins Ungemessene. Nicht allein, daß Gesetze wie das Prinzip der Erhaltung der Energie, welche  
 20 bisher auch für atomare Vorgänge immer als streng gültig vorausgesetzt worden sind, ihren Charakter verlieren und nur mehr eine statistische Bedeutung beanspruchen dürfen. Selbst die universellen Konstanten, wie die Elektronenladung oder das Wirkungsquantum, werden dann nicht mehr durch  
 25

bestimmte Zahlenwerte ausgedrückt, sondern müssen als Mittelwerte aus einer großen Anzahl von mehr oder weniger divergierenden Einzelwerten betrachtet werden. Denn ein prinzipiell genauer Wert ließe sich nur aus einer prinzipiell genauen  
 5 Gleichung gewinnen, und solche kann es ja dann nicht mehr geben. Wohin eine solche Umstellung der theoretischen Physik führen würde, läßt sich gar nicht absehen. Jedenfalls erscheint sie nicht gerade verheißungsvoll.  
 10

Zu diesen praktischen Schwierigkeiten kommt nun aber noch eine grundsätzliche. Es wird manchmal versucht, dem prinzipiellen Indeterminismus es als besonderen Vorzug anzurechnen, daß er es fertig bringe, die erfahrungsgemäße Gesetz-  
 15 lichkeit in der Physik ohne alle besondere Voraussetzungen abzuleiten aus der Ungesetzlichkeit, die Ordnung aus der Unordnung, den Kosmos aus dem Chaos. Aber ich glaube nicht, daß eine solche Leistung überhaupt möglich ist. Denn auch die stati-  
 20 stische Gesetzlichkeit bedarf zu ihrer Begründung ganz bestimmter Voraussetzungen. Es ist bekannt, daß die Sätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung stets auf bestimmten Festsetzungen über gleichwahrscheinliche Fälle fußen. An diesem Umstand  
 25

wird auch dann nichts geändert, wenn man diese Festsetzungen in die Definitionen hineinsteckt, wie das z. B. geschieht, wenn man die Wahrscheinlichkeitsrechnung von dem Begriff des Kollektivs her entwickelt. Aus nichts kann nichts werden, und die etwaige Hoffnung, daß der prinzipielle Indeterminismus vielleicht einmal als einzige und endgültige Grundlage für den Aufbau der theoretischen Physik ausreichen könnte, wird sich aller Voraussicht nach als trügerisch erweisen.

## VII

Nachdem es sich also gezeigt hat, daß sowohl der Begründung als auch der Durchführung des prinzipiellen Indeterminismus unabsehbare Schwierigkeiten entgegenstehen, gewinnt die Aufgabe, den umgekehrten Weg zu versuchen, eine noch erhöhte Bedeutung. Wir wollen daher jetzt auf die schon oben aufgeworfene Frage zurückkommen, ob nicht der Indeterminismus der atomaren Vorgänge, wie z. B. der von uns betrachteten Elektronenreflexion, kein prinzipieller ist, sondern nur bedingt durch die Art der Voraussetzungen, die wir der Betrachtung zugrunde gelegt haben, und ob nicht

diese Voraussetzungen in der Weise geändert, beziehungsweise ergänzt werden können, daß der betreffende Vorgang als determiniert erscheint, ebenso wie wir das bei den früher behandelten Beispielen gesehen haben.

Der erste Teil dieser Frage kann ohne weiteres bejaht werden. Daß der Vorgang der Elektronenreflexion indeterminiert erscheint, hat in der Tat darin seinen Grund, daß wir bei dem Versuch, die Gesetzlichkeit im Vorgang der Elektronenreflexion aufzuspüren, ein Elektron im Sinne der klassischen Physik als eine Art Korpuskel behandelt haben. Wir haben uns nämlich vorgestellt, daß das Elektron wie ein materieller Punkt mit einer bestimmten Geschwindigkeit in einer bestimmten Stelle auf den Kristall auftrifft. Aus diesen Angaben allein kann aber die Frage nach dem weiteren Verlauf der Bahn des Elektrons unmöglich beantwortet werden, und daher ist dieser Vorgang indeterminiert.

Wenn also der Indeterminismus ausgemerzt werden soll, so muß vor allem jene der klassischen Physik entnommene Voraussetzung fallen. Ein Elektron darf nicht mehr als Korpuskel betrachtet werden. Und gerade dies ist es nun, was die Wellen soll, so muß vor allem jene der klassischen

getreten ist, ihrerseits zur Voraussetzung macht. Nach dem Heisenbergschen Gesetz der Unschärfe, welches eine der Grundlagen der Wellenmechanik bildet, ist der Ort eines Elektrons, welches eine  
 5 bestimmte Geschwindigkeit besitzt, völlig unbestimmt, nicht allein in dem Sinne, daß es unmöglich ist, den Ort eines solchen Elektrons anzugeben, sondern in dem Sinne, daß das Elektron überhaupt keinen bestimmten Ort einnimmt. Denn einem  
 10 Elektron von bestimmter Geschwindigkeit entspricht eine einfach periodische Materiewelle und eine solche Welle ist weder räumlich noch zeitlich begrenzt, sonst wäre sie nicht einfach periodisch. Das Elektron befindet sich also an gar keinem Ort, oder,  
 15 wenn man will, es befindet sich an allen Orten zugleich. Dadurch wird die Frage nach der Bahn des Elektrons von vornherein illusorisch und es wäre sinnlos, eine bestimmte Antwort darauf zu verlangen. Indem also das Gesetz der Unschärfe die  
 20 Voraussetzung der klassischen Mechanik, die zur Annahme des Indeterminismus gezwungen hat, aufgibt, schafft es tatsächlich die Vorbedingung für die Möglichkeit einer deterministischen Theorie und öffnet damit die von dem prinzipiellen Indetermi-  
 25 nismus verschlossene Eingangspforte zu neuartigen

Gebieten der Erkenntnis.

Aber das Unschärfegesetz allein genügt noch nicht zum Aufbau einer vollständigen Theorie des Determinismus. Da es durch eine Ungleichung ausgedrückt wird, so bildet es gewissermaßen nur den  
 5 Rahmen zur Aufnahme eines weiteren Prinzips mit bestimmterem Inhalt. Wie wird dies Prinzip lauten? Das vermag heute niemand zu sagen. Möglicherweise wird es zu seiner Formulierung der  
 10 Einführung neuartiger Begriffe abstrakter Natur bedürfen, die der klassischen Theorie gänzlich fremd sind. Aber soll man deshalb unterlassen, nach einem solcher Prinzip zu suchen? Das würde  
 doch wieder eine Rückkehr zum prinzipiellen Indeterminismus bedeuten, dessen Schwierigkeiten  
 15 wir zur Genüge kennengelernt haben. Diesem verhängnisvollen Dilemma zu entrinnen darf nach meiner Meinung kein Preis zu hoch erscheinen. Wer nicht sucht, der wird nicht finden. Übrigens  
 lassen sich noch andere Gründe dafür anführen,  
 20 daß in der Wellenmechanik heute das letzte Wort noch nicht gesprochen ist und daß ihre endgültige Fassung noch aussteht. Vor allem harrt noch der Lösung das große und vordringliche Problem, die Wellenmechanik in Einklang zu bringen mit der  
 25

Relativitätstheorie, welche ihrerseits streng deterministisch aufgebaut ist.

In jedem Falle sollten wir, wie ich meine, an der Grundvoraussetzung jeglicher wissenschaftlicher Forschung festhalten, daß alles Weltgeschehen unabhängig verläuft von den Menschen und ihren Meßwerkzeugen. Wenn wir nun auch, um von den Geschehnissen Kunde zu erhalten, in erster und in letzter Linie auf Messungen angewiesen sind, und wenn durch Messungen stets mehr oder minder große Störungen in den Ablauf der gemessenen Vorgänge hineingebracht werden, so ist damit keineswegs von vornherein ausgeschlossen, daß diese Störungen erkannt und berücksichtigt werden können.

Freilich, die Hoffnung, durch Messungen einen einigermaßen direkten Einblick in die Art der Gesetzmäßigkeit atomarer Vorgänge gewinnen zu können, rückt immer weiter in die Ferne. Das rührt einfach daher, daß die zu entscheidenden Fragen immer feiner werden, und daß unsere Messungsinstrumente, die doch alle aus einer ungeheuren Anzahl von Atomen bestehen, dieser Feinheit nicht mehr zu folgen vermögen. Es ist unmöglich, das Innere eines Körpers zu sondieren,

wenn die Sonde größer ist als der ganze Körper.

Aber zum Glück besitzen wir ein Messungsinstrument, das an keinerlei Grenzen der Feinheit gebunden ist, das ist der Flug unserer Gedanken. Gedanken sind feiner als Atome und Elektronen, in Gedanken vermögen wir ebenso leicht einen Atomkern zu spalten wie eine kosmische Distanz von Millionen Lichtjahren zu überspringen. Man hört manchmal die Ansicht aussprechen, daß die Natur viel weitere Gebiete umspanne als die menschliche Einbildungskraft zu fassen vermöge. Gerade das Gegenteil ist richtig. In dem unermesslichen Reich der Gedankenwelt nimmt die Natur nur einen ganz schmalen Bezirk ein. Zwar bedarf das Spiel der Gedanken zu seiner Anregung stets eines Anstoßes von außen, durch irgendein Naturerlebnis. Aber wenn die Anregung einmal erfolgt ist, vermag die Einbildungskraft den begonnenen Faden selbsttätig fortzuspinnen bis in Gebiete, die weit jenseits alles Naturgeschehens liegen. Von dieser Fähigkeit, Gedanken über die Natur hinauszugehen, macht die physikalische Forschung von jeher erfolgreich Gebrauch. Schon in der klassischen Mechanik hat sich gezeigt, daß die Grundgesetze der Bewegungen materieller Systeme auf die allgemeinste und ein-

fachste Form gebracht werden können, wenn man auch sogenannte virtuelle Veränderungen zur Betrachtung heranzieht, das heißt, solche Veränderungen, die nicht in der Natur, sondern nur in Gedanken vorkommen. Wir dürfen nicht daran zweifeln, daß auch bei der gegenwärtig brennend gewordenen Aufgabe, die Begriffsbildungen der klassischen Physik zu erweitern, die mit der Gedankenwelt arbeitende Forschungsmethode ihre Leistungsfähigkeit erweisen wird.

Freilich wird sie sich dabei zusehends immer weiter von dem entfernen, was man gemeinhin Anschaulichkeit zu nennen pflegt. Man macht gegenwärtig der theoretischen Physik häufig den Vorwurf, daß sie durch ihre Wendung zum Abstrakt-Mathematisch-Formalen den Boden der Wirklichkeit unter den Füßen verliere. Diese Kritik ist ebenso unfruchtbar wie unberechtigt. Denn der Wert eines Gedankens hängt nicht davon ab, ob er anschaulich ist, sondern davon, was er leistet.

Nachdem es sich einmal herausgestellt hat, daß wir, um die Messungsergebnisse verstehen zu können, die anschaulichen Voraussetzungen der klassischen Physik aufgeben müssen, bleibt für die theoretische Forschung gar kein anderer Weg übrig

als zu neuartigen abstrakten Begriffsbildungen zu schreiten. Dieser Zug zur Entwicklung ist zwangsläufig, an ihm wird keine Macht der Welt etwas ändern.

Im Übrigen ist zu beachten, daß die Forderung der Anschaulichkeit gar keinen bestimmten Inhalt hat. Denn was anschaulich ist oder nicht, läßt sich nicht von vornherein und für immer entscheiden. Ein jedweder Begriff, mag er noch so kompliziert und abstrakt sein, kann uns dadurch anschaulich werden, daß wir uns an ihn gewöhnen und mit der Zeit lernen, bequem und sicher mit ihm umzugehen. Das wird häufig dadurch erleichtert, daß wir uns für den Begriff ein passendes anschauliches Symbol schaffen und dieses Symbol immer wieder nach allen Richtungen durchdenken. So kann es kommen, daß ein neuentdeckter physikalischer Vorgang, der uns zuerst sehr unanschaulich vorkommt, im Laufe der Zeit durch nähere Bekanntschaft und vielfache Gewöhnung den anschaulichsten Charakter annehmen kann.

Noch vor hundert Jahren war ein elektrischer Strom etwas Seltsames und sehr Unanschauliches. Heute operiert jeder Techniker, ja auch mancher talentvolle Schüler, mit den Begriffen Elektrischer

Strom, Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom wie mit etwas Alltäglichem, und bequemer noch als mit dem Begriff eines Flüssigkeitsstromes. Und so lernt auch der Theoretiker die von ihm durch notgedrungene und mühsame Abstraktion geschaffenen Begriffe mit der Zeit immer näher kennen und mit ihnen nach Gutdünken hantieren. Mit welchem Erfolge, zeigen die zahlreichen Entdeckungen, welche gottbegnadeten Forschern durch die Anstellung von Gedankenexperimenten gelungen sind, die dem Ungeübten äußerst unanschaulich vorkommen müssen. Denken wir an Wilhelm Wien, welcher das nach ihm benannte berühmte Verschiebungsgesetz der Wärmestrahlung entdeckte durch die rein theoretische Berechnung der Farbenänderung, die ein Lichtstrahl bei der Reflexion an einem bewegten Spiegel erleidet. Denken wir an Jacob Heinrich van't Hoff, welcher die für die physikalische Chemie fundamentalen Gesetze des osmotischen Druckes ableitete aus der Betrachtung der Kompression einer wässrigen Salzlösung mittels eines Kolbens, der für das Salz undurchdringlich ist, aber das Wasser ungehindert hindurchtreten läßt. Denken wir an Emil Fischer, dem seine phantasiereichen, der Kunstschlosserei entlehnten Gedankenbilder von

speziellen Atomverkettungen zur Aufspaltung wie auch zur Synthese hochkomplizierter Moleküle verhalfen.

Ein Gedankenexperiment, das durch seine Originalität auch in weiteren Kreisen Aufmerksamkeit erregte, war es, welches James Clerk Maxwell den statistischen Charakter des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie erkennen ließ. Nach diesem Satz ist es unmöglich, in einem Körper von gleichmäßiger Temperatur ohne Aufwand von Arbeit Temperaturdifferenzen oder Dichtigkeitsdifferenzen zu erzeugen. Maxwell denkt sich nun ein mit Gas in thermischem Gleichgewicht gefülltes Gefäß in zwei Kammern geteilt durch eine Scheidewand, in welcher sich ein kleines Loch befindet. In jeder der beiden Kammern fliegen die Gasmoleküle mit großen Geschwindigkeiten zwischen den Wänden hin und her. Wenn einmal ein Molekül zufällig auf das Loch trifft, fliegt es durch das Loch hindurch in die andere Kammer. Nun möge ein scharfsinniges Wesen, welches die einzelnen Gasmoleküle sehen kann, das Loch abwechselnd öffnen oder verschließen, und zwar in der Weise, daß nur den schneller fliegenden Molekülen gestattet ist aus der ersten Kammer in die zweite überzugehen, und nur

den langsameren, umgekehrt aus der zweiten Kammer in die erste überzugehen. Dies Wesen wird daher ohne Aufwand von Arbeit die Gastemperatur in der zweiten Kammer steigern und in der ersten  
 5 Kammer erniedrigen, im Widerspruch mit dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie. Denn das Öffnen und Schließen des Loches erfordert keine mechanische Arbeitsleistung, sondern nur Intelligenzbetätigung.

10 Man könnte die Paradoxie noch weiter auf die Spitze treiben durch die Annahme, daß es dem vernünftigen Wesen einfiel, das Loch allen Molekülen offen zu halten, die von der Seite der ersten Kammer kommen, dagegen alle Moleküle, die aus der zweiten  
 15 Kammer kommen, an dem verschlossenen Loch abprallen zu lassen. Dann würde nach einiger Zeit die erste Kammer vollkommen evakuiert sein und das ganze Gas sich in der zweiten Kammer befinden, ohne daß die geringste Arbeit aufgewendet worden  
 20 wäre.

Aus diesem Gedankenexperiment geht hervor, daß der Inhalt des zweiten Hauptsatzes statistischer Art ist. Denn er bezieht sich nur auf Vorgänge, an denen eine große Anzahl von Molekülen beteiligt  
 25 sind, läßt aber die Bewegungen einzelner Moleküle

indeterminiert — ein weiteres eindrucksvolles Beispiel für unseren Satz, daß die Frage nach der Art der Gesetzlichkeit eines Vorganges verschieden zu beantworten ist je nach den Voraussetzungen, die man seiner Betrachtung zugrunde legt. Wenn man  
 5 nur die Hauptsätze der Wärmetheorie benützt, sind die Bewegungen der einzelnen Moleküle indeterminiert, wenn man aber die Wechselwirkungen der Moleküle mit zur Betrachtung heranzieht, hindert nichts, solche Annahmen zu machen, daß der ganze  
 10 Vorgang vollkommen determiniert ist.

Es ist bekannt, welche weittragende Folgerungen diese von Maxwell eingeschlagenen Gedankengänge für die fernere Entwicklung der Wärmetheorie nach sich gezogen haben, Folgerungen, die schließlich  
 15 gipfelten in der großen Entdeckung Ludwig Boltzmanns, der Erkenntnis des Zusammenhangs zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit. Auch zu dieser Erkenntnis diente als Brücke ein freies  
 20 Gedankenspiel, nämlich die Abzählung aller Kombinationen, welche bei der Gruppierung gewisser passend ersonnener symbolischer Elemente möglich sind.

Bei solchen augenscheinlichen Erfolgen der mit dem Rüstzeug der Einbildungskraft arbeitenden  
 25

Forschungsmethode ist es nicht zu verwundern, daß auch auf anderen Gebieten der Physik die Gedankenexperimente üppig ins Kraut schossen und daß von berufener wie auch von unberufener Seite her 5 Spekulationen einsetzten, die mit unerhörter Kühnheit die verschiedenartigsten Probleme in Angriff nahmen, angefangen von dem Rätsel der im feinsten Mikrokosmos sich abspielenden Vorgänge, den Wechselwirkungen zwischen Materie und Strahlung, bis hin zu den letzten Fragen nach den Abmessungen des ungeheuren raumzeitlichen Universums. Schon wird sogar die Größe und das Alter des ganzen Weltalls in einen exakten numerischen Zusammenhang gebracht mit der Anzahl und den 15 Eigenschaften seiner kleinsten elementaren Bausteine, der Elektronen, Positronen, Neutronen und Protonen.

Aber je kühner und enthusiastischer sich diese himmelstürmenden Phantasien betätigen, um so nüchterner soll man des Satzes eingedenk sein, daß 20 manchmal dicht neben der höchsten Vernunft der größte Unsinn lauert. Und es darf niemals vergessen werden, daß alle Gedankenexperimente ohne Ausnahme nur heuristischen Wert beanspruchen dürfen, daß ihre Bedeutung letzten Endes lediglich 25

darin besteht, sinngemäße Fragen an die Natur zu formulieren, und daß sie ihre endgültige Rechtfertigung immer nur erhalten können durch eine Prüfung ihrer Resultate an der Hand von Messungen. Daher bedarf die vorwärts drängende Einbildungskraft des Theoretikers, wenn seine Gedankenflüge nicht dem Schicksal des Ikarus verfallen sollen, der strengsten Schulung und der allseitigen Orientierung sowohl nach der Seite des mathematisch Zulässigen wie nach der des experimentell 10 Erfassbaren.

Gegenwärtig erlebt die Physik eine der größten Epochen ihrer Entwicklung. Unausgesetzt verfeinern sich die Messungsmethoden, und unausgesetzt erweitern sich die Mittel der mathematischen Analyse. Wir dürfen nicht daran zweifeln, daß es ihrer vereinten Anwendung gelingen wird, noch manchen weiteren bedeutsamen Weg zu finden zur stetig fortgesetzten Entschleierung der zur Zeit noch in tiefes Dunkel gehüllten Geheimnisse der 20 Natur.

Meine hochverehrten Damen und Herren! Am Schluß dieser Betrachtungen ist es mir Bedürfnis, Ihnen meinen aufrichtigen Dank dafür auszusprechen, daß Sie meinen Ausführungen bis zum 25

Schluß Ihre Aufmerksamkeit geschenkt haben. Bin ich mir doch klar bewußt, daß unser aller Hauptgedanken gerade in der gegenwärtig so bewegten Zeit andere Wege gehen, daß sie häufig voll in Anspruch genommen werden von den großen Ereignissen, die sich rings um uns in der Welt abspielen.

Aber mögen die Wogen der Erregung noch so hoch emporschlagen, es bleibt doch immer bei der alten Wahrheit, daß dem Gemeinwohl am besten gedient wird, wenn ein jeder an dem Platze, an den ihn das Schicksal gestellt hat, unbeirrt durch äußere Störungen nach bestem Wissen und Können, wenn auch nur in der Stille, den ihm obliegenden Pflichten nachgeht. Das lassen Sie uns auch jetzt beherzigen, und lassen Sie uns auch in diesem Zusammenhange nicht auf den Zufall bauen, sondern lassen Sie uns vertrauen auf die folgerichtige, nach innerem Gesetz heranreifende Auswirkung einer jeden treuen und gewissenhaften Arbeit, zum Sagen unseres teuren deutschen Vaterlandes!

本書の出版にて落丁、亂丁、製本の手違ひ等がありましたらお申し願ひます。翻印のもの以外は責任を以てお取替へ致します。

昭和十六年十一月二十日 第一版印刷  
昭和十六年十一月廿五日 第一版發行

版權所有・不許複製

確定説か  
不確定説か

定價 ¥ .40

(國外定價一割増)

編者 大学書林編輯部

發行者 佐藤義人  
東京市牛込區西五軒町卅二番地

印刷者 岩本米次郎  
東京市赤坂區青山町二ノ一六

發行所

大学書林

會員番號 116112

東京市牛込區西五軒町三十二  
振替東京四三七四〇番  
電話牛込(34)三三四四番

配給元・日本出版配給株式会社(東京・神田)  
印刷・愛光堂印刷社 / 製本 共文堂製本

## ドイツ語教科書、参考書

		¥	円
山本茂編	ナチス巨頭の聲	1.50	.06
同	寫真入「獨逸最新事情」	1.30	.06
メンニツヒ ツイグラ	新興の獨逸	.90	.06
ハイム	新興獨逸工業	1.00	.06
小池堅治編	科學談叢	.90	.06
シュモラー	獨逸の工業	.60	.06
ゾンバルト・ シュリール	奢侈と工業	.65	.06
タールハイム	經濟の新原理	.60	.06
長守善編	ナチス政治經濟觀	.75	.06
リュトケ	フィヒテの經濟學	.40	.03
ゴツドル	計畫經濟の現状	.60	.06
ワグナー ヒュール	經濟學史	.80	.06
青山敏編	現代社會時事論文集	.60	.06
長守善編	現代政經濟論文集	.90	.06
ヘラー	經濟學原論	1.00	.06
ブリンクマン	外國貿易	.40	.03
同	國家と經濟	.40	.06
~~~~~			
レブケ	世界經濟	.50	.03
ゾンバルト	技術と經濟	.50	.03
ウェーバー	資本主義の精神	.30	.03
ゾンバルト	計畫經濟論	.30	.03
西郷啓造編	國民經濟學	.30	.03

特 240

599

終