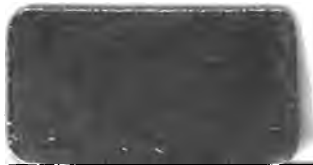
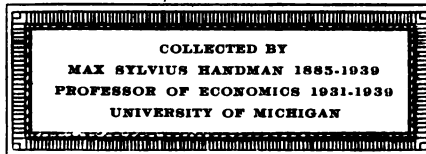
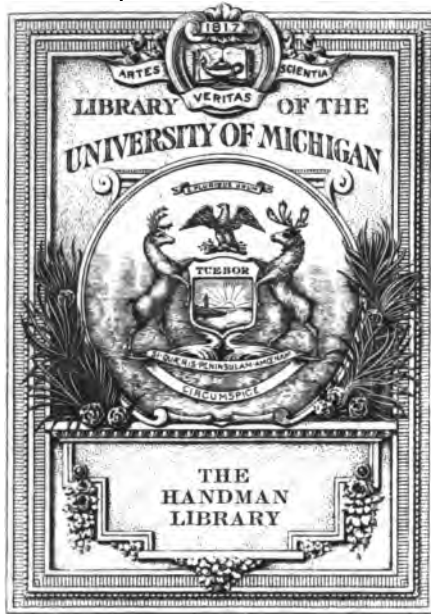


401.

1060.-

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)



[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

Q  
175  
.V92  
1910

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

WISSENSCHAFT UND HYPOTHESE

IX

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

ERKENNTNISTHEORETISCHE  
GRUNDZÜGE DER  
NATURWISSENSCHAFTEN  
UND IHRE BEZIEHUNGEN  
ZUM GEISTESLEBEN DER GEGENWART

ALLGEMEIN WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

*Oscar  
Kunze*  
VON  
PAUL VOLKMANN  
1=

ZWEITE, VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE  
UND ERWEITERTE AUFLAGE



LEIPZIG UND BERLIN  
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER

1910

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

COPYRIGHT 1910 BY B. G. TEUBNER IN LEIPZIG.



ALLE RECHTE,  
EINSCHLIESZLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

Gen. Lib. - replace  
Handwritten  
1-31-49  
539271

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

## Vorwort zur zweiten Auflage.

Der zehn Jahre nach dem Erscheinen meiner erkenntnis-theoretischen Grundzüge an mich herantretenden Aufforderung des Herrn Verlegers, eine zweite Auflage — auch in äußerlich veränderter Gestalt — vorzubereiten, konnte ich infolge mehrfacher amtlicher Abhaltungen — insbesondere meines Rektorates während des Studienjahres 1907/8 — nicht sogleich nachkommen, zumal mir von vornherein klar war, daß eine vollständige Umarbeitung und Erweiterung des Ganzen geboten war.

An dem Charakter einer mehr populären, gemeinfaßlichen Darstellungsweise habe ich im Interesse des ganzen Unternehmens festhalten zu müssen geglaubt — verfolge ich unter anderen Zielen doch auch das, eine Überbrückung vorhandener Gegensätze zwischen den Gebildeten der Nation anzustreben. Dabei wird es allerdings von vornherein nützlich sein, der besonderen Voraussetzungen und Schwierigkeiten eines solchen Versuches zu gedenken.

In der Tat liegen bereits besondere Schwierigkeiten vor, wenn es für einen Akademiker darauf ankommt, sich akademisch gebildeten Männern anderer Fächer verständlich zu machen. Diese Schwierigkeit ist abgesehen von dem besonderen materiellen Interessenkreise, der besonderen materiellen Interessensphäre in der Eigenart der wissenschaftlichen Sprache und Terminologie begründet, welche jede Wissenschaft, ja jede wissenschaftliche Disziplin im Laufe ihrer Entwicklung aus sich heraus ausbilden wird und ausbilden muß — die dabei treibenden Faktoren werden im allgemeinen durchaus nicht als künstliche zu betrachten

sein, in den Geisteswissenschaften vielleicht noch eher als in den Naturwissenschaften, in denen hinter der beständigen Macht der Tatsachen und ihrer Einwirkung, hinter der damit verbundenen besonderen Ausbildung eines Tatsachensinnes alles andere zurücktritt. Diese Schwierigkeit ist besonders darin bedingt, daß jede Wissenschaft ihre besonderen Ausdrücke prägt, die von Nicht-Fachgenossen nicht immer gleich als solche erkannt werden. Diese Fachausdrücke dürfen natürlich auch bei populären Auseinandersetzungen nicht vermieden werden, auf der anderen Seite können sie doch immer nur bis zu einem gewissen Grade ihre Erläuterung finden, ist es doch erst die wiederholte und mannigfache Anwendung, welche sie in die Literatur selbst einbürgert und verständlich macht.

Auf folgende Änderungen gegenüber der ersten Auflage möchte ich hier besonders verweisen:

1. Ich habe es für zweckmäßig gehalten, die frühere Einleitung meiner Darstellung — erster Vortrag der ersten Auflage — in die Schlußvorträge, welche die Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart behandeln, hineinzuarbeiten, wo sie auch inhaltlich hingehören. Ich habe mich dabei von dem Gesichtspunkt leiten lassen, daß es heute einer besonderen Rechtfertigung, erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften darzustellen, wohl nicht mehr bedürfe. Gleichzeitig konnten bei Verzicht auf einen allgemeinen einleitenden Vortrag am besten Partien vermieden werden, welche leicht als Trivialitäten aufgefaßt und so den Ausgangspunkt weniger wohlwollender Beurteilungen bilden konnten, als im ganzen mein Unternehmen bisher gefunden hat.

2. Ich habe es diesmal vorgezogen, mit einem für erkenntnistheoretische Zwecke besonders ausgewählten und ausgearbeiteten geschichtlichen Rückblick zu beginnen, wie denn die Vorbereitungen zu einer zweiten Auflage mich nach Lage der Dinge überhaupt von vornherein stärker darauf hinweisen mußten, die Vorteile wahrzunehmen, zu der eine

Darstellung im Lichte geschichtlicher Entwicklung immer auffordern wird. Die geschichtliche Entwicklung ist es ja überhaupt, [www.libtoe.com.cn](http://www.libtoe.com.cn) der eine Erkenntnistheorie ebensowohl wie das Geistesleben der Gegenwart stets die erheblichsten Anregungselemente entnehmen wird.

Hatte die Entwicklung der Physik seit meiner Studienzeit bis zum Erscheinen meiner Grundzüge meine erkenntnistheoretischen Studien ohnehin besonders angeregt, so konnte die weitere Entwicklung der letzten zwölf Jahre mit ihren mannigfachen Überraschungen mich nur in der Auffassung bestärken, daß für jede Erkenntnistheorie der Versuch von bleibendem Werte sein müßte, in gelegentlich angestellten Rückblicken die wissenschaftliche Stimmung einzelner Epochen zu fixieren; hat man diese Epochen selbst mit Bewußtsein durchlebt, dann werden solche Rückblicke unter Umständen den Wert von Dokumenten für die Zukunft erhalten, zumal wenn ihnen besonders charakteristische Äußerungen der Zeitgenossen mit Quellenangabe hinzugefügt werden. Die Gegenwart konstruiert für Autoren der Vergangenheit gerne Standpunkte, die der geschichtlichen Treue in keiner Weise entsprechen, die aber einmal konstruiert sich um so angenehmer und bequemer erweisen, angeblich eigene Standpunkte auf diesem Untergrunde um so wirksamer abzuheben. So wird es denn immer nützlich sein, es der Zukunft zu erschweren, in den gleichen Fehler zu verfallen.

3. Eine wesentliche Erweiterung gegenüber der ersten Auflage erblicke ich in der Einschaltung der neuen Vorträge über „Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis“ (zweiter und dritter Vortrag) sowie meiner Untersuchung „über die Bedeutung der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit für erkenntnistheoretische Fragen“ aus dem Jahre 1902 (zehnter Vortrag). Diese Erweiterungen gaben zugleich die Anregung dazu, einen großen Teil der „Ergänzungen und Zusätze“ am Schlusse der ersten Auflage in den Haupttext aufnehmen und unter die verschiedenen Vorträge verteilen zu können.



Meine Grundzüge vom Jahre 1896 tragen wie meine älteren erkenntnistheoretischen Arbeiten noch zu stark die Tendenz der Objektivierung an sich. Ich habe mir erst später klargemacht, daß eine gesunde Erkenntnistheorie dem Subjekt, welches die Forschung anstellt, in gleicher Weise Rechnung zu tragen haben wird wie dem Objekt, welches den Gegenstand der Forschung ausmacht. Es ist eine häufig wiederkehrende Erscheinung, daß man in dem wissenschaftlich durchaus berechtigten Streben nach Objektivität die Erkenntnis zu stark loszulösen versucht von dem Subjekt, an welches doch nun einmal die Forschung dauernd gebunden bleibt.

4. Eine willkommene Unterstützung erwuchs mir bei der Neubearbeitung der den Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart gewidmeten beiden Schlußvorträgen durch die tätige Mitarbeit des Herrn Professor Dr. Paul Wendland-Göttingen an dem zwölften Vortrage, der den Bildungs- und Unterrichtsfragen gewidmet ist. Mein Ziel, mit an der Überbrückung vorhandener Gegensätze im Geistesleben der Gegenwart zu arbeiten, machte es erforderlich, Rückblicke auf die Bildungs- und Unterrichtsfragen anderer Zeiten zu werfen, die notwendig in den Kreis der Betrachtung hier aufzunehmen waren. Für das Altertum und die Verwertung des Altertums überstieg das aber das Maß meiner Kräfte, wenn nicht gar zu sehr die für andere naturgemäß wertlose Subjektivität eigener, nicht hinlänglich verarbeiteter Anschauungen in den Vordergrund treten sollte.

Hier hatte Herr Professor Dr. Paul Wendland, mit dem ich seit Jahren in Gedankenaustausch über methodische Fragen der Wissenschaft und des Unterrichts stehe, die Freundlichkeit mir eine zusammenhängende Darstellung zu beliebiger Benutzung zu übergeben. Ich darf der Hoffnung Ausdruck geben, daß diese so von philologischer Seite geschaffene Grundlage noch Ausgangspunkt ausführlicherer Erörterungen werden wird.

5. Für die Benutzung des Werkes besonders brauchbar möchte sich endlich die eingeführte reichhaltige Gliederung mit kurzen ~~Kursiv-Überschriften~~ ergeben, welche auch in dem Namen- und Sachregister Aufnahme gefunden haben. Es wird so möglich sein, in kürzester Zeit die Teile zu finden, für welche eine Orientierung gesucht wird. Die durchgeführte Gliederung wird überdies dem Wunsche entgegenkommen, kleinere Partien auch außerhalb des gesamten Zusammenhanges lesen zu können, soweit ein Verständnis für solche aus dem Zusammenhang gelöste Partien möglich ist.

6. Als Anhang habe ich den Wiederabdruck zweier Aufsätze aus den Jahren 1898 und 1901 — ich kann kurz sagen über Newton's Mechanik hinzugefügt. Der erste Aufsatz erschien zuerst in den Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg und ist von mir häufiger durch den Buchhandel verlangt worden, der zweite Aufsatz erschien zuerst in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. Ich habe für die Erlaubnis des Wiederabdrucks hinsichtlich des ersten Aufsatzes dem Vorstande der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg, hinsichtlich des zweiten Aufsatzes der Verlagsbuchhandlung von J. Springer in Berlin meinen besonderen Dank auszusprechen.

Man würde die Absicht dieser Aufsätze und ihren Wiederabdruck verkennen, wollte man darin ein übertriebenes „Festhalten an dem Alten und eine Vorliebe für dasselbe“ gegenüber allen neueren Entwicklungen oder eine „uneingeschränkte Wertschätzung der Leistungen Newton's“ erblicken. Meine Meinung ist vielmehr die, daß bei allen tatsächlichen materiellen und formellen Fortschritten über Newton hinaus, auch in Hinblick auf das wachsende Bedürfnis einer neuen Fundamentierung des physikalischen Systems als Ganzem: Newton's Prinzipien sich noch immer als eine wahre, erstklassige Fundgrube gerade erkenntnistheoretischen Untersuchungen und Betrachtungen gegenüber

ergeben dürfen — besonders auch in Hinblick auf die Anforderungen, welche man an die Aufstellung und Grundlegung neuer wissenschaftlicher Systeme, an die Unterscheidung und Auseinanderhaltung ihrer Elemente zu stellen hat und zu stellen haben wird.

Zum Schluß darf ich wohl philosophische und naturwissenschaftliche Interessenten, denen mit einer mehr systematisch gehaltenen Darstellung der eingeschlagenen Gedankengänge besser gedient ist, auf meine Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis aus meiner „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“, Leipzig 1900, verweisen.

Am Ende des Werkes findet sich eine chronologische Übersicht der von mir überhaupt bisher verfaßten erkenntnistheoretischen Aufsätze und Schriften; die zugefügten Hinweise auf die Teile der vorliegenden Grundzüge, in denen sie Berücksichtigung und Aufnahme gefunden haben, lehren jene Aufsätze und Schriften zum großen Teil als Vorarbeit für diese Grundzüge selbst erkennen. Besondere Sorgfalt habe ich endlich dem angeschlossenen Namen- und Sachregister gewidmet. An der Spitze dieser Register finden sich noch besondere Anweisungen, welche unter Rücksicht auf den im Text verwandten Kursiv- und Sperrdruck zu einer ausgiebigeren, schnelleren und zweckmäßigeren Verwertung der Register beim Gebrauch des Werkes einladen sollen, als eine solche sonst in der Regel erreicht zu werden pflegt.

Königsberg i. Pr. im August 1909.

**P. Volkmann.**

## Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Die nachfolgend veröffentlichten erkenntnistheoretischen Studien reichen teilweise in das vorige Jahrzehnt zurück. Aufsätze in der Zeitschrift „Himmel und Erde“ (Jahrgänge 1892—94), Vorlesungen an der hiesigen Universität im Wintersemester 1893/94 und im „Verein für fortbildende Vorträge“ im Herbst 1895 über einschlägige Gegenstände halfen meine Anschauungen läutern, und so darf ich denn hoffen, mit einer nicht ganz unreifen Arbeit vor einen weiteren Kreis zu treten.

Eine Ermunterung zu einem vorläufigen Abschluß dieser Studien entnahm ich abgesehen von der Zustimmung, welche einige meiner erwähnten Aufsätze gefunden haben, der Wahrnehmung, daß gegenwärtig mehr denn je auf naturwissenschaftlichem Gebiet erkenntnistheoretisch gearbeitet wird. Innerhalb der Physik erscheint es wesentlich eine Folge der Faraday-Maxwell'schen Richtung, daß die erkenntnistheoretische Forschung einen so unerwarteten Aufschwung genommen hat. Ich erinnere hier an die einschlägigen Arbeiten von Helmholtz, Mach, Boltzmann, Ostwald, Hertz.

Mit der Veröffentlichung meiner Studien möchte ich mich vielleicht weniger an die Fachgenossen im engeren Sinn als an den weiteren Kreis eines gebildeten und wissenschaftlich interessierten Publikums wenden. Daß hier und darüber hinaus ein Bedürfnis besteht, sich zur Veranschaulichung eigener Ideenkombinationen auf naturwissenschaftliche Anschauungen und Begriffe zu beziehen, das ist mir oft genug in gesprochenen, geschriebenen und gedruckten Äußerungen

hervorragender Männer entgegengetreten. Je weniger in solchen Fällen immer von einer Beherrschung des naturwissenschaftlichen Materials die Rede sein konnte, um so lohnender schien mir vom Standpunkt meiner physikalischen Fachbildung der Versuch, an der Hand zweckmäßig gewählter Beispiele naturwissenschaftliches Material darzubieten, um an ihm die allgemeinen Formen zur Anschauung zu bringen, in denen sich das naturwissenschaftliche Denken bewegt, und in denen überhaupt naturwissenschaftliche Erkenntnis zustande kommt.

Damit im Zusammenhange steht, daß die Beiträge zu einer wissenschaftlichen Methodenlehre, welche ich liefern will, ebensogut auch auf anderem Grund und Boden als naturwissenschaftlichem erwachsen können — und sie sind auch hie und da erwachsen. Aber das ist meine Meinung: Die Naturwissenschaften scheinen dafür insofern den geeignetsten Ausgangspunkt zu bieten, als es ihnen am leichtesten ist, sich dem Objekt der Forschung als einem rein äußeren gegenüberzustellen, frei von allen Erregungen des Gemüts, welche nur allzuleicht mit einer Trübung des Urteils verbunden sind.

Weist man sonst darauf hin, daß es den Naturwissenschaften an inneren Berührungspunkten mit dem Menschlichen in uns fehle, so drängt sich gerade von dieser Seite aus die Überzeugung auf, daß in den Naturwissenschaften eine besondere Kulturaufgabe schlummere, die bisher nur wenig oder gar nicht in das Bewußtsein allgemeiner Bildung getreten: die Aufgabe, in der Methode verwickelten Stoffes Meister und Herr zu werden, unter Umständen vorbildlich dienen zu können.

Die Bedeutung dieses Gedankens für die Gegenwart ist wichtig genug, um ihn noch in einer anderen Form zu veranschaulichen. Selbst mit tausend Banden an das Leben und die uns umgebende Wirklichkeit geknüpft, erscheint es im Kampf der Meinungen überaus schwer, das logische Verhältnis von Voraussetzung und Folge erkenntnistheoretisch

in das Licht zu setzen, welches zur Erfassung der Wirklichkeit nun einmal nötig ist. Dieses Verhältnis erscheint oft dermaßen getrübt, daß die Einbildung einer Voraussetzungslosigkeit der Behandlung nur allzuhäufig den Gedanken an die logische Unmöglichkeit einer solchen gar nicht aufkommen läßt. Und wo die Notwendigkeit einer Analyse nach dem logischen Schema von Voraussetzung und Folge zugestanden wird, da mag es auf den ersten Blick scheinen, als ob die elementare Mathematik dazu eine genügende Anleitung zur Hand gibt.

Aber der Mathematik fehlt der Reichtum der Wirklichkeit, welchen die Naturwissenschaften gewähren, und die Elemente der Wirklichkeit in ihnen sind nicht in dem Maße zutage liegend, wie das z. B. von den Elementen der Geometrie behauptet werden kann, sie müssen viel eher nach physikalischem Muster mühsam gesammelt und festgestellt werden. Daran liegt es, daß für das Verhältnis von Voraussetzung und Folge die Physik mit größerem Recht als vorbildliches Analogon zur theoretischen Erfassung anderer Wirklichkeiten hingestellt werden kann als die Mathematik.

Wenn die Physik eine Theorie oder ein System der Wirklichkeit auf ihrem Gebiet zu sein beansprucht, dann müßte es in der Tat auffallend sein, wenn sie nicht jeder Theorie und jedem System der Wirklichkeit auf ganz anderen Gebieten erkenntnistheoretische Formen und Betrachtungen naheulegen vermöchte. Und wenn es nichts weiter wäre als die Erkenntnis, daß es einer Wissenschaft der Wirklichkeit nicht sowohl auf Wahrheit als auf angemessene Begriffsbildung ankommen muß — anders ausgedrückt, daß ein allzu unmittelbarer Versuch, die Wahrheit zu erfassen, einer angemessenen Begriffsbildung nur hinderlich wäre, möchte ich dies schon als einen nicht zu unterschätzenden Gewinn bezeichnen.

Wenn es noch nötig ist, den Inhalt meiner Schrift nach einer Richtung zu charakterisieren, so wäre zu sagen, daß

man darin vergeblich nach materialistischen Auffassungen und Betrachtungen suchen wird. Es ist ja bekannt, daß man mit Vorliebe eine allzu materialistische Auffassung der Dinge Naturforschern nachsagt, und daß man unter dieser stillschweigenden Voraussetzung Naturforschern gar zu gerne die Fähigkeit abspricht, die Rolle schöpferischer Persönlichkeiten im Leben und in der Geschichte würdigen zu können. So berechtigt bis zu einem gewissen Grade innerhalb der Naturwissenschaften der Materialismus war und noch ist, so hat es doch wohl keine Zeit gegeben, in der z. B. die physikalische Forschung eine derartig starke Tendenz aufweist, sich vom Materialismus loszumachen, wie die gegenwärtige.

Was endlich die Form der Veröffentlichung betrifft, so schien es mir das sachgemäßeste, die Vortragsform beizubehalten. Diese dürfte für erkenntnistheoretische Studien besonders geeignet sein, denn es liegt wohl im Begriff der Erkenntnistheorie, daß sie ein festes starres System nicht verträgt; sie bietet mehr Anregung, die Dinge unter gewissen Formen zu betrachten, als daß sie behaupten will, daß diese Formen ausnahmslose Gültigkeit für sich beanspruchen sollen.

Königsberg i. Pr., April 1896.

**P. Volkmann.**

## INHALTSVERZEICHNIS.

### ERSTER VORTRAG.

**Geschichtliche Rückblicke auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher, insbesondere physikalischer Anschauungen und Auffassungen.**

	Seite
1.	
Bedeutung und Wert erkenntnistheoretischer Untersuchungen . . .	1
Vorbereitende Aufgabe eines geschichtlichen Rückblicks . . . .	3
2.	
Newton's Infinitesimalrechnung und Gravitationsgesetz . . . .	4
Übergang der Vorstellung einer Druckwirkung zu der einer Fernwirkung . . . . .	6
3.	
Die Atomistik Dalton's . . . . .	7
Einfluß der Atomistik auf die Physik neben der infinitesimalen Auffassung der Wirkungselemente . . . . .	8
Entdeckung einfacher Gesetze für Summenwirkungen durch Gauss und Neumann . . . . .	11
4.	
Geschichte des Prinzips der Energie . . . . .	13
Ablenkung des Prinzips der Energie von der Atomistik in der Physik . . . . .	15
5.	
Die Physik Faraday's und Maxwell's . . . . .	17
Die Elektronentheorie . . . . .	19
6.	
Besondere Wichtigkeit der Physik für naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie . . . . .	19
Chemie . . . . .	22
Biologie . . . . .	23



## ZWEITER UND DRITTER VORTRAG.

## Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis.

	Seite
I.	
Subjektive und objektive Momente der Erkenntnis . . . . .	25
Abbildungstheorie der Wirklichkeit . . . . .	27
Erläuterung an I. Kant's transzendentelem Idealismus . . . . .	29
Erläuterung an E. Mach's Phänomenologie . . . . .	30
2.	
Abwehr mißverständlicher Auffassungen . . . . .	31
Verhältnis von Ideen und Tatsachen . . . . .	32
Oszillation zwischen Subjekt und Objekt . . . . .	33
Begriff der Anpassung . . . . .	34
3.	
Frage, ob wir der Natur oder ob die Natur uns die Begriffe vorschreibt . . . . .	35
Verhältnis der Notwendigkeit des Denkens zur Notwendigkeit des Naturgeschehens . . . . .	38
Frage nach der Ursprünglichkeit des Notwendigkeitsbegriffes . . . . .	39
4.	
Frage nach der Kausalität und dem zureichenden Grunde. . . . .	41
Begriff der Kraft . . . . .	45
Begriff der Ursache und Wirkung . . . . .	46
Berechtigter und unberechtigter Anthropomorphismus . . . . .	48

## VIERTER UND FÜNFTER VORTRAG.

## Induktion und Deduktion.

I.	
Präliminäre Erörterungen der Denkformen der Induktion, Deduktion und ihres Verhältnisses . . . . .	49
Erkenntnistheorie — nicht Logik das Mittel den Fortschritt der Wissenschaft zu studieren . . . . .	52
2.	
Aufsteigende Induktion von Kopernikus und Kepler zu Newton und seinem Gravitationsgesetze . . . . .	57
Aufsteigende Induktion von der Überzeugung der Unmöglichkeit eines <i>perpetuum mobile</i> zur Aufstellung des Prinzips der Energie . . . . .	61
Aufsteigende Induktion von der Emissionstheorie zur Undulationstheorie, insbesondere zur elektromagnetischen Theorie des Lichtes . . . . .	62

Auferstehung der Newton'schen Emissionstheorie für die radio-aktiven Erscheinungen der Gegenwart . . . . .	Seite 66
<a href="http://www.libtool.com.cn">www.libtool.com.cn</a>	
Voraussetzung und Folge in der Mathematik . . . . .	67
Voraussetzung und Folge in der Naturwissenschaft im Vergleich zur Mathematik . . . . .	70
Rolle der bewußt und unbewußt vorgefaßten Meinungen als Voraussetzungen zur Realisierung einer Induktion . . . . .	72
4.	
Charakter der durch Induktion gewonnenen Voraussetzungen eines physikalischen Systems . . . . .	73
Axiome, Postulate der Physik . . . . .	75
Begriffsaxiome, Begriffspostulate der Mechanik . . . . .	76
Verknüpfungsaxiome, Verknüpfungspostulate der Mechanik . . . . .	77
Naturgesetze und Hypothesen . . . . .	77
Das Naturgesetz schafft einen abstrakten Begriff . . . . .	78
Die Hypothese schafft eine übersinnliche Anschauung . . . . .	81
Gesetze und Hypothesen sind unsere naturwissenschaftlichen, induktiv gereiften Ideen . . . . .	83
5.	
Prinzip der Vergleichung . . . . .	84
Prinzip der Kontinuität der Denkgewohnheiten . . . . .	85
Physikalische Analogie . . . . .	87
Mechanische Analogie . . . . .	89
Mitwirkung mechanischer Analogien bei Aufstellung des Energieprinzips . . . . .	91
Übergang der Vorstellung der mechanischen Analogie zur mechanischen Identität . . . . .	93
Mechanische Modelle. <i>Mechanical illustration</i> . . . . .	94
Der durch die neuere Elektrodynamik gewiesene Ausblick . . . . .	97
6. <sup>1)</sup>	
Frage nach einer Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung verschiedener Kulturvölker . . . . .	98
Der französische Typus . . . . .	101
Der englische Typus . . . . .	103
Der von der Erkenntnistheorie geforderte Typus . . . . .	105
Induktive Betätigung des englischen, deduktive Betätigung des französischen Geistes . . . . .	107

1) Zeile 20 von oben ist im Texte Abschnitt 6. einzufügen.

## SECHSTER VORTRAG.

**Newton's Axiome und Postulate und die an sie unter dem Gesichtspunkte der Induktion und Deduktion zu knüpfenden Erörterungen.**

1.	
Motivierung ausführlicher Auseinandersetzungen über Axiome und Postulate, Bedeutung der Darstellung Newton's für solche . . . . .	Seite 109
Gegensatz der Unbestimmtheit und Unsicherheit der induktiven Einführung der Grundbegriffe und Grundsätze Newton's zu der Bestimmtheit und Sicherheit ihrer deduktiven Anwendung und Verwertung . . . . .	110
Geschlossenheit des Systems Newton's und die rückwirkende Verfestigung seiner Axiome und Postulate . . . . .	113
2.	
Grundbegriff des Raumes. Unterstützung des räumlichen Anschauungsvermögens durch mathematisch-rechnerische Hilfsmittel . . . . .	115
Subjektive und objektive Seiten des Raumbegriffes . . . . .	117
Frage nach der Relativität der Bewegungsvorgänge im Raume	118
Newton's absoluter und relativer Raum . . . . .	119
3.	
Grundbegriff der Zeit. Subjektive und objektive Seiten des Zeitbegriffes . . . . .	121
Frage nach der Relativität der Zeitvorgänge . . . . .	122
Newton's absolute und relative Zeit . . . . .	124
4.	
Grundbegriff der Masse. Subjektive und objektive Seiten des Massenbegriffes . . . . .	124
Satz von der Erhaltung der Masse . . . . .	125
Newton's Definition der Masse . . . . .	126
5.	
Vorbemerkungen zu den Verknüpfungsaxiomen und Postulaten der Newton'schen Mechanik . . . . .	128
6.	
Das Trägheitsprinzip und seine Formulierung . . . . .	130
Gegenüberstellung der Auffassung von Galilei und Newton zu der des Altertums . . . . .	130
Innere Gründe für den Trägheitssatz . . . . .	132
Rückwirkende Gründe für Newton's Unterscheidung einer absoluten und relativen Orientierung im Raume . . . . .	132

	Seite
7.	
Das Aktionsprinzip und seine Formulierung . . . . .	133
Beziehung des Aktionsprinzipes zum Trägheitsprinzip und zum Massenbegriff . . . . .	134
Der Begriff der <i>Actio</i> als Richtungsgröße . . . . .	136
8.	
Das Reaktionsprinzip und seine Formulierung . . . . .	137
9.	
Rückblick auf die Bedeutung der Grundbegriffe und Grundsätze der Newton'schen Mechanik . . . . .	139
Tragweite durch die Entwicklung der Wissenschaft bedingter Modifikationen des Newton'schen Systems . . . . .	140
Bisher übliche Kritik an Newton's Grundsätzen. Frage einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kraft . . . . .	141
Ansturm gegen das Reaktionsprinzip von Newton . . . . .	143
Relativitätsprinzip von A. Einstein . . . . .	144
Ergebnisse der Forschung von M. Planck . . . . .	146
Raum- und Zeitbegriff bei H. Minkowski . . . . .	147

## SIEBENTER UND ACHTER VORTRAG.

## Isolation und Superposition.

I.	
Zusammengesetzte und einfache Vorgänge . . . . .	150
Einleitende Bemerkungen über Analyse und Synthese, über Isolation und Superposition. Unabhängigkeitsprinzip. Koexistenzprinzip . . . . .	155
2.	
Beispiel für Superposition gleich gerichteter Wirkungen: Studium der Erdtemperaturen in der Nähe der Erdoberfläche .	158
3.	
Beispiel für Superposition ungleich gerichteter Wirkungen: Satz vom Parallelogramm der Kräfte . . . . .	163
Anwendung auf den Vorgang des Wurfs . . . . .	166
Anwendung auf den Vorgang der Planetenbewegung . . . . .	168
4.	
Übergang zu Auseinandersetzungen allgemeinerer Art . . . . .	169
Verhältnis des Abstrakten zum Konkreten. — Erkenntnistheoretische Stellung der Naturgesetze in Rücksicht auf dieses Verhältnis . . . . .	170
Volkman, erkenntnistheoretische Grundsätze. 2. Aufl.      b	

	Seite
Theorie und Praxis . . . . .	172
Wahrheit und Irrtum, Denken und Sein . . . . .	175

### NEUNTER VORTRAG.

#### Einführung des Begriffs der Größenordnung.

1.	
Relativer Begriff des Großen und Kleinen . . . . .	177
Begriff der Genauigkeit und der Genauigkeitsgrenze . . . . .	179
Unterschied zwischen Schätzen und Messen . . . . .	182
2.	
Ergebnisse der Erdthermometerstationen als Beispiel exakt-schätzender Behandlungsweisen . . . . .	183
3.	
Begriff der Größenordnung, des Wesentlichen und Vollständigen . . . . .	188
Begriff der Störung in der Astronomie als Beispiel einer richtigen Einschätzung des Wesentlichen . . . . .	191
Mißbrauch atomistischer Ausdrucksweisen als Beispiel einer Verkennung des Begriffs des Wesentlichen . . . . .	192

### ZEHNTER VORTRAG.

#### Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme.

1.	
Mathematische Herkunft der Fragen . . . . .	196
Existenzfragen in der Mathematik . . . . .	196
Eindeutigkeitsfragen in der Mathematik . . . . .	197
Mehrdeutige Probleme in der Mathematik . . . . .	198
2.	
Einfachere Fälle von Existenzfragen physikalischer Probleme . . . . .	199
Frage nach der Existenz eines <i>perpetuum mobile</i> als Beispiel eines tiefer und schwieriger liegenden Falles . . . . .	199
Unterschied physikalischer und mathematischer Existenzmöglichkeiten . . . . .	200
3.	
Fragen der Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit in der Physik . . . . .	201
Überschätzung der Bedeutung der Mathematik für die Naturlehre bei Kant . . . . .	202
Möglichkeit gemeinsamer mathematischer Behandlung bei gegensätzlicher physikalischer Anschauung . . . . .	203

Beispiel einer Entwicklung der Erkenntnis in der Richtung von vieldeutigen zu eindeutigen Anschauungen aus der Geschichte der Optik <a href="http://www.libtool.com.cn">www.libtool.com.cn</a> . . . . .	Seite 204
Emissions- und Undulationstheorie . . . . .	205
Elastische Lichttheorie . . . . .	206
Elektromagnetische Lichttheorie . . . . .	207

4.

Andauernde Möglichkeiten vieldeutiger physikalischer Auffassungen . . . . .	208
Beispiele scheinbar gleichberechtigter Vorstellungen, bedingt durch die Frage nach dem in jedem Fall Wesentlichen gegenüber dem Unwesentlichen. Atomistische und Kontinuumsvorstellung . . . . .	209
Ausgiebige und enthaltssame Ausarbeitung der Anschauung. Stellungnahme zur Abbildungsauffassung der Wirklichkeit . . . . .	211
Möglichkeit tatsächlich gleichberechtigter Vorstellungen bedingt durch die Existenz einer vorliegenden Superposition . . . . .	212
Beispiel des Parallelogramms der Kräfte zur Veranschaulichung weiterer Möglichkeiten . . . . .	214
Beispiel des dualistischen Streitens über die Lage der Polarisationsebene zur Schwingungsebene aus der Geschichte der Optik. . . . .	215

ELFTER VORTRAG.

Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart, insbesondere zu Philosophie, Weltanschauung, Volkswirtschaft, Staatskunst.

I.

Naturgemäße Beziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft. . . . .	218
Naturphilosophische Extreme . . . . .	219
Scheidung der Natur- und Geisteswissenschaften und der Wunsch einer inneren Verständigung . . . . .	220

2.

Der Materialismus und Monismus Hindernisse innerer Verständigung . . . . .	221
Spezielle Betrachtung des Materialismus . . . . .	223
Spezielle Betrachtung des Monismus . . . . .	223
Versuch, dem Materialismus und Monismus bei aller Ablehnung eine psychologische Würdigung abzugewinnen . . . . .	227
Rolle der naturwissenschaftlichen Bildersprache in der materialistischen und monistischen Weltanschauung . . . . .	231

	Seite
3.	
Bedürfnis an der Hand spezieller Beispiele die allgemeinen Ausführungen unter (2) zu ergänzen . . . . .	233
E. Haeckel, 1892, 1899 . . . . .	234
A. Ladenburg, Vortrag: Über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung 1903 . . . . .	236
M. Verworn, Festrede: Naturwissenschaft und Weltanschauung 1903 . . . . .	239
H. Hertz, 1892, 1893 . . . . .	241
4.	
Keine „unfertige“ Weltanschauung — Methoden- und Erkenntnislehre, das geeignete und angemessene Mittel naturwissenschaftlicher Betätigung an philosophischer Mitarbeit und damit als Förderung des Geisteslebens der Gegenwart! . . . . .	244
Ähnlichkeit der vor fünfzig Jahren durch die Philosophie geschaffenen Situation mit der gegenwärtig durch Materialismus und Monismus geschaffenen Situation. H. Lotze, 1857 . . . . .	248
Der philosophische Monismus dargestellt in Beiträgen seiner Vertreter, herausgegeben von A. Drews 1908 . . . . .	250
5.	
Beziehungen zur Wirtschaftslehre . . . . .	256
J. St. Mill, <i>System of logic, ratiocinative and inductive, being a connected view of the principles of evidence and the methods of scientific investigation</i> . London 1843. 2. ed. 1846 . . . . .	257
H. Th. Buckle, <i>History of Civilisation in England</i> . London, Bd. I 1857, Bd. 2 1861 . . . . .	258
Isolation und Superposition in der Hand der Staatskunst . . . . .	263

## ZWÖLFTER VORTRAG.

### Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart, insbesondere zum Entwicklungsgedanken. Bildungsfragen. Unterrichtsfragen.

#### I.

Der Entwicklungsgedanke und sein Ursprung in der Entwicklung des menschlichen Lebens . . . . .	267
Die Kindheit . . . . .	268
Die Lehrzeit . . . . .	269
Die Betätigung im Leben, in der Wirklichkeit . . . . .	271
Der Begriff der Entwicklungsgeschichte, seine Herkunft und mannigfache Verwertung . . . . .	274

	Seite
2.	
Präliminare Bemerkungen über Bildung und Wissen . . . . .	279
Hegel und seine Zeit . . . . .	281
Steigender Einfluß der Naturwissenschaften. . . . .	282
Gestaltung der Beziehungen der Naturwissenschaften und der Technik zueinander im Verlauf der zweiten Hälfte des neun- zehnten Jahrhunderts . . . . .	284
Frage nach der Berechtigung der Gegenüberstellung von Natur- und Geisteswissenschaften . . . . .	286
3.	
Einfluß der Kunst auf Bildungsfragen der Gegenwart . . . . .	291
Die Physik in ihren Beziehungen zur Kunst . . . . .	295
4.	
Rechtfertigung einer Aufnahme fachmännischer Auseinander- setzungen des Herrn Prof. Wendland-Göttingen über die Aufgabe der klassischen Philologie der Gegenwart und über die Geschichte der Bildungsideale im Altertum, in der Re- naissance und im Humanismus. . . . .	300
Aufgaben der klassischen Philologie der Gegenwart . . . . .	301
Enzyklopädisch-rhetorisches Bildungsideal der Sophistik . . . . .	303
Philosophie und Wissenschaft im Gegensatz und Kampf mit formaler Bildung . . . . .	304
Zweite Sophistik und Romantik . . . . .	306
Mittelalterliche Anfänge des Klassizismus und ihre Erstickung durch die Scholastik . . . . .	307
Renaissance und Humanismus in Italien. . . . .	308
Humanismus in Deutschland, Frankreich, England . . . . .	309
Neuhumanismus in Deutschland . . . . .	310
5.	
Motivierung einer Aufnahme allgemeiner Betrachtungen über Unterrichtsfragen . . . . .	313
Die Antike als Mittel humanistischer und formaler Schulbildung	314
Verhältnis der modernen Altertumswissenschaft zum Schul- unterricht . . . . .	319
Stellung der Mathematik im Unterricht der Schule . . . . .	323
Rückblick auf die Geschichte des gelehrten Unterrichts . . . . .	326
Schwierigkeit der Stellung des Lehrers allen Unterrichtsfragen gegenüber. Entstehung einer besonderen Schulwissenschaft	328
Universität und Schule. Vorträge auf der Versammlung Deutscher Philologen und Schulmänner am 25. September	



1907 zu Basel, gehalten von F. Klein, P. Wendland, Seite	
Al. Brandl, Ad. Harnack . . . . .	332
Die deutschen Universitäten und ihre Zukunft . . . . .	334

## ANHANG.

Weitere Beiträge zur erkenntnistheoretischen Würdigung des  
Systems der Newton'schen Mechanik 340

Über Newton's „Philosophiae naturalis principia mathe-  
matica“ und ihre Bedeutung für die Gegenwart (1898).

1. Einleitung. Stellung der Aufgabe. . . . .	344
2. Rückblick auf Newton's Grundlagen der Mechanik und Physik . . . . .	348
3. Alte physikalisch induktive Tendenzen der Newton'schen Mechanik . . . . .	352
4. Newton's Metaphysik . . . . .	354
5. Newton's <i>Definitiones</i> . . . . .	358
6. Newton's <i>Scholium</i> . . . . .	363
7. Newton's <i>Axiomata sive Leges motus</i> . . . . .	367
8. Neuere mathematisch-deduktive Tendenzen in der Behand- lung der Mechanik . . . . .	371
9. Forderung einer Darstellung der Mechanik als notwendiges und gerade hinreichendes System der Wirklichkeit . . . . .	374
10. Verhältnis der Newton'schen Grundsätze neueren For- derungen gegenüber. . . . .	377
11. Skizze zu einem präzisierten Entwurf der Newton'schen Mechanik . . . . .	381
12. Resultate . . . . .	386

Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre  
Kritik durch Hertz (1901).

1. Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik ein gewisses undefinierbares <i>Mixtum compositum</i> einer Entwicklung . . . . .	389
2. Rolle des Zufälligen in der historischen Entwicklung. — Notwendigkeit, historische und logische, statische und dy- namische Grundanschauungen auseinanderzuhalten . . . . .	392
3. Das Beispiel des an einer Schnur im Kreise herumge- schwungenen Steines. — Das Recht jedes wissenschaftlichen Systems, Erscheinungen als einfache zum Ausgange zu wählen . . . . .	395
4. Stellung zu Newton's Definition der Masse sowie zu Newton's Aktions- und Reaktionsprinzip . . . . .	399

5. Abhängigkeit elementarer Sätze, wie Satz vom Parallelogramm der Kräfte, Satz der virtuellen Geschwindigkeiten von dem jeweilig erkenntnismäßig gewählten Standpunkt . . . . .	Seite 403
6. Allgemeine Forderung: die Einfachheit der Darstellung nicht nach Auswahl besonderer Beispiele, sondern nach der Geschlossenheit des Systems in seiner Gesamtheit zu beurteilen . . . . .	407
7. Besondere Forderung: freie und bedingte mechanische Systeme auseinanderzuhalten. Gegensatz einer Sparsamkeit der Mittel der Logik und eines Reichthums der Mittel der Wirklichkeit . . . . .	410
8. Bemerkungen zu dem energetischen Bilde der Mechanik von Hertz, soweit es auf die Darstellung der Newton'schen und der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift . . . . .	412
9. Bemerkungen zu dem an dritter Stelle entwickelten Bilde der Mechanik von Hertz, soweit es auf die Darstellung der Newton'schen und der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift . . . . .	418
10. Schwächen und Vorzüge, objektive und subjektive Momente der Darstellung bei Hertz. . . . .	423

Chronologische Übersicht

über die bisher von dem Autor verfaßten erkenntnistheoretischen Aufsätze und Schriften mit eventueller Angabe der Teile der vorhergehenden Grundzüge, in denen jene Berücksichtigung und Aufnahme gefunden haben. . . . .	428
---	-----

Namenregister

mit Gebrauchsanweisung . . . . .	431
----------------------------------	-----

Sachregister

mit Gebrauchsanweisung . . . . .	434
----------------------------------	-----

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

## ERSTER VORTRAG.

### Geschichtliche Rückblicke auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher, insbesondere physikalischer Anschauungen und Auffassungen.

#### I.

##### *Bedeutung und Wert erkenntnistheoretischer Untersuchungen.*

— Die zu entwickelnden erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften gehen von der Vorstellung aus, daß eine Erkenntnistheorie niemals a priori konstruiert werden kann, daß eine Erkenntnistheorie ebenso eine Erfahrungswissenschaft ist wie jede Naturwissenschaft, ja ich möchte sagen, wie jede Wissenschaft. Eine Erkenntnistheorie kann und wird sich dabei niemals anmaßen: vorherzusagen, in welcher Richtung sich voraussichtlich die weitere Erkenntnis in einer Disziplin vollziehen wird, sie wird im Gegenteil ihren Stoff mehr oder weniger der Vergangenheit der einzelnen Disziplinen zu entnehmen haben. Die Geschichte älterer Entwicklungsepochen der Wissenschaft kann und wird sich dabei von gleicher Wichtigkeit, wie die Verfolgung neuerer und neuester Phasen der Wissenschaft ergeben — ja, unter Umständen kann das Studium einer älteren Epoche für die Erkenntnistheorie von größerer Wichtigkeit werden, weil in vielen Fällen bei Begründung einer Disziplin sich viel deutlicher die Momente aufdecken und bestimmen lassen, welche für die Aufstellung und Darstellung eines wissenschaftlichen Systems als maßgebend in Betracht kommen.

Der Wert solcher Untersuchungen ist ein sehr mannigfacher; zunächst für die einzelne Disziplin. Eine Wissenschaft, wie z. B. die Physik, bleibt nicht immer

die gleiche, auch wechseln Zeiten der Fundamentierung des wissenschaftlichen Systems mit Zeiten des weiteren Ausbaus im einzelnen ab. Bei allem Wechsel wird aber die Frage, welche Ansprüche an ein wissenschaftliches System in sich zu erheben sind, welche logischen und erkenntnistheoretischen Gesichtspunkte und Hilfsmittel für die Fixierung eines Systems in Betracht kommen, — eine näherungsweise gleiche, von dem speziellen, spezifischen System der Physik unabhängige sein: Es sind immer wesentlich die gleichen Ansprüche, welche Veranlassung geben, die eine Theorie aufzugeben und eine andere an ihre Stelle zu setzen.

Solche Untersuchungen kommen aber auch einer allgemeinen Wissenschaftslehre zugute. Wenn jede Wissenschaft in gleicher Weise die Grundsätze zum Studium besonderer Untersuchungen macht, welche sich für ihren wissenschaftlichen Betrieb nach logischer und erkenntnistheoretischer Seite als förderlich erwiesen haben, dann wird dadurch eine gemeinsame, vergleichende Betrachtungsweise ermöglicht, welche ein erhebliches allgemeines Interesse beanspruchen dürfte. Solche gemeinsamen, vergleichenden Betrachtungsweisen pflegen erhebliche Anregungen zu gewähren und auszustreuen, welche wohl geeignet sind, nicht bloß den Ausgangspunkten der Betrachtung, d. h. den Disziplinen zugute zu kommen, an welche die ursprüngliche Betrachtung anknüpfte, sondern auch geeignet, andere Disziplinen nach logischer und erkenntnismäßiger Weise zu befruchten.

An dritter Stelle haben solche Untersuchungen eine noch weiter gehende, über die einzelnen Disziplinen und über die Wissenschaftslehre hinausgehende Bedeutung: Beziehungen anzuknüpfen und auszustreuen zum Geistesleben der Gegenwart. Es liegt auf der Hand, daß diese Beziehungen sehr mannigfacher Art sein können. A priori werden sich solche Beziehungen nicht rechtfertigen lassen — ja, es sind Fälle

denkbar, in denen solche Beziehungen mit Unrecht irrtümlich aufgestellt werden. Der schließliche Erfolg wird hier lediglich den Maßstab und Ausschlag geben — also wieder die Erfahrung, die Geschichte.

*Vorbereitende Aufgabe eines geschichtlichen Rückblicks.* — Indem ich mir die Aufgabe stelle, unter den hervorgehobenen Gesichtspunkten Grundzüge einer Erkenntnistheorie zu entwickeln, ergibt sich mir zunächst die vorbereitende Aufgabe eines geschichtlichen Rückblicks für den vorschwebenden Zweck. Es soll sich dabei weniger um den Inhalt der Gesetze der Natur handeln, es handelt sich zunächst mehr um Anschauungs-, Denk- und Darstellungsformen, welche die jedesmalige Zeit als maßgebend ihren einschlägigen Untersuchungen zugrunde gelegt hat. Bei der Reichhaltigkeit des vorliegenden Materials wird es sich allerdings nur um eine Auswahl handeln können, die für den vorliegenden Zweck besonders geeignet erscheint. Im Verlauf der Vorträge wird sich Gelegenheit bieten, das ausgewählte Material in gewissen Richtungen zu ergänzen.

Es ist bisweilen üblich, Ausdrucks- und Betrachtungsweisen früherer Zeiten unter dem Gesichtspunkt der Hemmung des Fortschritts zu betrachten. Auf der einen Seite wird sich allerdings nicht leugnen lassen, daß die Leitmotive hinter uns liegender Entwicklungen, im Lichte der Gegenwart betrachtet, zum Teil durch Auffassungen getragen erscheinen, denen der weitere Fortschritt der Erkenntnis eine tiefere Berechtigung versagt hat. Auf der anderen Seite wird sich aber ebensowenig bestreiten lassen, daß jene Leitmotive der zeitgenössischen Forschung erhebliche Anregungs- und Bereicherungsmomente zuführten. In jedem Falle zieht die Erkenntnistheorie gerade aus einem geschichtlichen Rückblick, mag dieser nun über Erkenntnis oder Irrtum führen, ihr wertvollstes Material. Das ist der

Weg, um eine hier in Betracht kommende angemessene Urteilsfähigkeit zu gewinnen und auszubilden.

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

2.

*Newton's Infinitesimalrechnung und Gravitationsgesetzes.* — Die für unsere Fragen ergiebigen Studien beginnen fruchtbar zu werden, wenn wir an den Zustand der Physik vor zweihundert Jahren anknüpfen, an die Epoche, der für lange Zeit Newton den Stempel seiner Persönlichkeit aufgedrückt hat.

Newton hat einmal eine neue Rechnungsmethode geschaffen, die fortan den Inhalt einer besonderen mathematischen Disziplin bildet: der sogenannten Infinitesimalrechnung — der Differential- und Integralrechnung. Wie so häufig sich in der Wissenschaft die Erscheinung darbietet, daß vollkommen unabhängig voneinander zwei Forscher auf gleichen Gebieten schöpferisch tätig sind, so auch hier: Unabhängig von Newton kommt Leibniz auf die gleiche mathematische Rechnungsart.

Die Infinitesimalrechnung, angewandt auf geometrische und physikalische Verhältnisse, geht in ihren Studien der Größenverhältnisse von sehr kleinen Teilbetrachtungen aus, um daraus die Beziehungen im Endlichen zu gewinnen; das gilt ebenso von geometrischen Figuren (Kurven, Flächen, Räume) wie von materiellen Körpern — bei letzteren ist dann mehr an eine stetige als an eine atomistische Raumerfüllung zu denken. Die mechanische Wirkung endlicher Körper wird aufgefaßt als eine Summenwirkung — als ein Integral aus Elementarwirkungen.

Newton hat die Infinitesimalrechnung in weitgehendstem Umfange in Anlehnung an die von Kopernikus und Kepler übernommenen Vorstellungen auf den Kreislauf der Planeten um die Sonne angewandt. Er hat den Nachweis geführt, daß dieselbe Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, den Fall der Körper zum Erdboden zustande bringt.

Das ist eine wunderbare Erscheinung, der Fall der Körper; wir bilden uns auf Grund derselben die Vorstellung: der Körper werde von der Erde angezogen, etwa wie ein Magnet Eisenfeilspäne anzieht. Hindern wir den Fall dadurch, daß wir den Körper auf eine feste Unterlage stellen, so drückt der Körper mit seinem Gewicht auf die Unterlage, nehmen wir den Körper in die Hand, so fühlen wir die Anziehung zur Erde.

Diese Anziehung zur Erde ist ein besonderer Fall einer allgemeinen Eigenschaft der Materie. Alle Materie zieht sich gegenseitig an, es ist so; wir müssen uns mit dieser Tatsache bescheiden und unsere Fragen nach dem „Warum“ zurückdrängen. Die Natur handelt nach ihren Gesetzen, die es eben zu erforschen gilt; ob wir diese Gesetze verstehen, ist wieder eine andere Frage, es ist schon sehr viel gewonnen, wenn wir sie kennen. Newton hat uns die Kenntnis dieses Gesetzes, nach dem die Natur handelt, erschlossen. Sein Gravitationsgesetz, das ist dieses Gesetz, lautet: Zwei Massen ziehen sich im umgekehrten Verhältnis ihrer Quadrate der Entfernung, im direkten Verhältnis ihrer Massen an. Denken wir an Massen aus dem gewöhnlichen Leben, z. B. an Kilogramme, so haben wir uns diese Anziehung nicht groß vorzustellen, aber sie ist da, wenn auch nur mit sehr feinen Meßinstrumenten nachweisbar. Nehmen jedoch die Massen so kolossale Werte an, wie sie unsere Erde hat, dann wächst auch diese Anziehung ins Große und ruft solche auffallende Erscheinungen hervor, wie wir sie in der Schwere der Körper und ihrem Fall wahrnehmen.

Die Verwertung des Newton'schen Gravitationsgesetzes in der Astronomie wird dadurch erleichtert, daß die in Betracht kommenden Körper bei aller ihrer Ausdehnung sich in erheblichem Abstände voneinander befinden, so daß die Ausdehnung der Körper diesen Abständen gegenüber für die wesentlichen Fragen der Planetenbewegung nicht in Betracht kommen und die Planeten sozusagen als Punkte ohne



Ausdehnung gefaßt werden können — ein Umstand, welcher ohnehin durch die sinnliche Wahrnehmung nahe gelegt wird. Nimmt man noch hinzu, daß sich die Planeten reibungslos im leeren Weltenraume bewegen, so haben wir auf die inneren Gründe hingewiesen, welche es bedingten, daß sich eine wissenschaftliche Mechanik eher im Anschluß an das Studium der Planetenbewegung als im Anschluß an die Bewegungen auf der Erdoberfläche entfalten konnte. So sagt Poincaré sehr richtig: „Die Astronomie hat uns gelehrt, daß es Gesetze gibt. Wieviel Zeit hätten wir gebraucht, dies einzusehen, wenn wir nichts gekannt hätten als die irdische Welt, wo jede elementare Kraft nur immer im Kampf mit anderen Kräften erscheint?“<sup>1)</sup> Tatsächlich sind die durch das Gravitationsgesetz gegebenen Anregungen hundert Jahre ausschließlich der Astronomie zugute gekommen.

*Übergang der Vorstellung einer Druckwirkung zu der einer Fernwirkung.* — Newton hat die physikalische Seite seines wissenschaftlichen Systems der Mechanik unter Zugrundelegung der Anschauung einer Druckwirkung entwickelt. Wir können das auch heute noch an der Hand seiner Sprache nachweisen: die bei der Grundlegung seines Systems gebrauchten Worte *vis impressa*, *vis motrix impressa* sind nur in diesem Sinne zu verstehen. Nichtsdestoweniger durfte das von ihm aufgeführte System der Mechanik eine allgemeine Gültigkeit für die äußere Wirklichkeit, unabhängig von besonderen Anschauungen und Vorstellungen, beanspruchen. So kam es, daß die Aufstellung des Gravitationsgesetzes noch zu Lebzeiten Newton's die Vorstellung einer unvermittelten Fernwirkung — *actio in distans* — erzeugte und als eine geläufige Anschauung entwickelte, der gegenüber die ältere, ursprüngliche Anschauung einer Druckwirkung zurücktrat.

1) H. Poincaré. Der Wert der Wissenschaft; deutsch von E. Weber, Lpz. 1906, S. 122, 123.

*Einfluß des Gravitationsgesetzes auf Coulomb und Cavendish.* — Die Physik machte sich die durch das Gravitationsgesetz Newton's und die durch die Astronomie gegebenen Anregungen erst am Ende des 18. Jahrhunderts zunutze. Coulomb entdeckte 1785, daß sich die elektrostatischen und magnetischen Kräfte einer genau gleichen Form des Gesetzes unterordnen lassen, wie es die gravitierenden Kräfte tun. Diese Entdeckung kam rückwirkend wieder dem Studium des Gravitationsgesetzes zugute, indem Cavendish die von Coulomb bei seiner Entdeckung konstruierte Torsionswaage verwerten lehrte, die Existenz gravitierender Kräfte im Laboratorium nachzuweisen und ihre Größe zu messen (1798). Erst damit gewinnt das Newton'sche Gravitationsgesetz engeren Einfluß auf die physikalische Wissenschaft.

## 3.

*Die Atomistik Dalton's.* — In diese Situation fällt die Entwicklung der Anschauung Dalton's von der atomistischen Konstitution der Materie (1800) an der Hand des durch die Erfahrung aufgedeckten Gesetzes der multiplen Proportionen und der damit verbundene Aufschwung der chemischen Wissenschaft, welcher Hand in Hand mit der Entwicklung der Vorstellung vor sich geht, daß sichtbare Vorgänge und Erscheinungen ihre Aufklärung nur in Anschauungen finden können, die auf kleinste Teile der Materie zurückgehen. Die Erscheinungen der Synthese und Analyse — letztere gefördert durch die Entdeckung der Elektrolyse — lassen eine sehr anschauliche Deutung durch die Vorstellung von der atomistischen Konstitution der Materie zu.

Nach dieser Vorstellung ist die Materie nicht ins Unbegrenzte teilbar, die Teilung hat vielmehr eine letzte Grenze im Atom, d. h. im Unteilbaren. Wir haben hier strenge zu unterscheiden zwischen tatsächlicher, materieller und nur gedachter, ideeller Teilbarkeit.

Die räumliche Ausdehnung eines Atoms liegt jedenfalls unterhalb der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren. Durch kein noch so starkes Mikroskop wird man ein Atom als solches sehen können. Die Mannigfaltigkeit der sichtbaren Materie kommt dadurch zu stande, daß die Atome der einzelnen einfachen Stoffe, der chemischen Elemente sich in Komplexen miteinander zu Molekülen verbinden. Aus solchen Molekülen ist die sichtbare Materie zusammengesetzt. Ebenso wie man sich die Atome räumlich voneinander getrennt zu denken hat, so auch die Moleküle. Man kann diese so entwickelte Anschauung wörtlich nehmen, man kann sie auch bildlich, symbolisch auffassen, wie man sagt, als Gleichnis. Diese letztere bildliche Auffassung gewinnt heute immer mehr an Boden, wo im Anschluß an die Entdeckung der radioaktiven Erscheinungen die frühere Anschauung von der Veränderlichkeit und Unzerstörbarkeit der Atome erschüttert erscheint, wo sich neue zum Teil umwälzende Anschauungen über Atomumsetzungen zu vollziehen beginnen.

Es mag noch bemerkt werden, daß die durch Dalton eingeleitete Atomistik keine Beziehung zur Atomistik des Altertums hat. Es ist schon hervorgehoben, daß Dalton's Theorie durch enge Beziehungen zu prägnanten Erfahrungstatsachen charakterisiert ist. Die antike Atomistik stellt sich dagegen als eine leere Idee ohne jede Beziehung zu einer tatsächlichen Wirklichkeit dar.

*Einfluß der Atomistik auf die Physik neben der infinitesimalen Auffassung der Wirkungselemente.* — Die auf der realen Grundlage chemischer Erscheinungen vor hundert Jahren entwickelte Atomistik hat einen besonderen Einfluß auf die physikalische Anschauung ausgeübt; dieser Einfluß mag noch eine besondere Stütze in dem Umstande gefunden haben, daß damals die Pflege der Physik und der Chemie oft in einer Hand lag. Es war besonders die Physik Frankreichs, welche unter dem Einfluß von Laplace die Anschauung

der Atomistik mit der durch das Newton'sche Gravitationsgesetz genährten Vorstellung unvermittelter Fernwirkungen verknüpfte — einer Vorstellung, zu der sich Newton eigentlich kaum jemals bekannt hatte.

Wir haben es hier mit einer häufig in der Geschichte der Wissenschaft auftretenden Erscheinung zu tun, daß die Aufstellung einer neuen in einer Disziplin erfolgreichen Theorie einen so bedeutenden Einfluß auf die Zeitgenossen ausübt, daß ihre Tragweite erheblich überschätzt wird. In der Tat, nimmt man Abhandlungen aus der Zeit vor hundert Jahren vor — es kommen in erster Reihe Arbeiten französischer Klassiker in Betracht, denn Frankreich hatte damals die Führung — so kann man innerhalb einer ganzen Reihe physikalischer Disziplinen die Anschauung einer atomistischen Konstitution der Materie, verbunden mit der Vorstellung molekularer Kräfte, als Ausgangspunkt und als fast selbstverständliche Voraussetzung der zu entwickelnden Theorie konstatieren. In dieser Weise sehen wir Laplace und im Anschluß daran Poisson sowie Gauss eine Theorie der Kapillarität begründen, sehen wir Poisson seine Theorie des Magnetismus aufstellen, sehen wir Navier, Poisson und zum Teil auch Cauchy den Grund zu einer Elastizitätstheorie legen, wie sich eine solche damals für eine tiefere Begründung der Optik als notwendig erwies.

Diese Tendenz allenthalben an die atomistische Konstitution der Materie, sowie an molekulare Entfernungskräfte zu knüpfen und mit diesen Anschauungselementen als konstruierbaren Vorstellungen zu rechnen, geht soweit, daß es Poisson zweckmäßig erscheint, im Gegensatz zu der von Newton zugrunde gelegten Druckvorstellung, den Begriff der elastischen Druckkraft aus dem Begriff der Fernkraft abzuleiten.

Neben dieser atomistischen Behandlung der kleinen und kleinsten Teile der Materie für eine Reihe von Disziplinen blieb die von Newton übernommene infinitesimale Behandlung der kleinen und kleinsten Teile für das Gebiet der

elektrischen Erscheinungen zunächst bestehen: Kaum war die Wirkung galvanischer Ströme auf Magnete von Oersted entdeckt. (1820), sehen wir Laplace auf Grund spezieller Messungen von Biot und Savart mit der Aufstellung eines elektromagnetischen Elementargesetzes beschäftigt, d. h. eines Gesetzes für die Wirkung zwischen Stromelement und Magnetpol, aus dem sich die Gesamtwirkung jedes beliebig gegebenen Stromgebietes durch Integration berechnen läßt. Bald entdeckt Ampère die elektrodynamische Wirkung elektrischer Ströme und liefert selbst nach dem Vorgang von Laplace ein elektrodynamisches Elementargesetz, d. h. ein Gesetz für die Wirkung zwischen Stromelementen, aus dem sich die Wirkung beliebig gegebener Stromgebiete aufeinander durch Integration herleiten läßt. In gleicher Weise erscheint F. Neumann nach Entdeckung der induzierten Ströme durch Faraday in der Richtung der Aufstellung eines Elementargesetzes der induzierten Ströme tätig.

In höchst eigenartiger Weise gelingt es Ampère in seiner Behandlung des Magnetismus, die atomistische und infinitesimale Behandlung der kleinsten Teile zu vereinen: Das magnetische Molekül ist nach ihm nichts anderes, als ein in sich geschlossener Molekularstrom, d. h. ein infinitesimal geschlossener Strom, der das Molekül der in magnetischem Zustand befindlichen Materie (Eisen, Stahl) umkreist. Diese Vorstellung gibt zugleich in ungezwungenster Weise davon Rechenschaft, daß wir es in einem magnetischen Molekül immer nur mit Polpaaren von entgegengesetztem Magnetismus zu tun haben, daß positive und negative magnetische Mengen untrennbar miteinander verbunden auftreten.

Die Bevorzugung der rein atomistischen Behandlung der kleinsten Teile auch für das Gebiet der elektrischen Erscheinungen sehen wir in den Theorien durchgeführt, welche an die Namen W. Weber, Riemann und Clausius knüpfen. Diese deutschen Forscher gingen darauf aus, der Mannigfaltigkeit der elektrischen Kräfte für Elektrostatik,

für Elektrodynamik und Induktion die Vorstellung einer Einheit der elektrischen Kräfte für dieses Gebiet gegenüberzustellen. Die elektrischen Teile üben danach im Zustande der Bewegung verwickeltere Kräfte als im Zustande der Ruhe aus, die Kräfte im Zustande der Ruhe — die elektrostatischen Kräfte — erscheinen als spezielle Fälle der Kräfte, welche die elektrischen Teile im Zustande der Bewegung ausüben. Wenn diese Theorien, welche an die Bestrebungen der Aufstellung eines elektrischen Grundgesetzes knüpfen, auch verlassen sind, können sie doch bei unserer geschichtlichen Zusammenstellung mit Vorteil zur Charakteristik der Anschauungs-, Denk- und Darstellungsformen herangezogen werden, welche für die Mitte des 19. Jahrhunderts als maßgebend zu erachten sind.

*Entdeckung einfacher Gesetze für Summenwirkungen durch Gauss und Neumann.* — Die Bedeutung der Atomistik für die Chemie, die Erfolge der physikalischen Forschung, welche an die Betrachtung der Elementarwirkungen anknüpft — mochten diesen nun die Anschauungen diskreter (atomistischer) oder kontinuierlicher (infinitesimaler) Größen zugrunde liegen — haben auf die ganze physikalische Denkweise lange Zeit einen außerordentlich starken Einfluß ausgeübt, von dem wir uns heute vielleicht keine ganz zutreffende Vorstellung mehr machen können. Wir können sie nur nachempfinden an der Hand des Verzichtes auf die Verwertung und Ausbeutung der Resultate einer Forschung, welche für die elektromagnetischen und elektrodynamischen Wirkungen erheblich einfachere Ausdrücke kennen lehrte, wenn wir nicht auf die Elementarwirkungen als solche zurückgehen, sondern bei einem geschlossenen Stromkreise als einem unzerlegbar Ganzen stehen bleiben — wir empfinden sie noch stärker nach, wenn wir uns den tiefgehenden Widerstand vergegenwärtigen, welchen die Aufstellung des Prinzips der Energie fand.

Das an erster Stelle erwähnte Moment besteht in dem Ergebnis der wesentlich deutschen Forschung eines Gauss und eines F. Neumann, nach der die elektromagnetischen und elektrodynamischen Wirkungen, einschließlich der Erscheinungen induzierter Ströme sich unter viel einfachere gesetzmäßige Ausdrücke zusammenfassen lassen, wenn man nicht auf die Wirkung von Stromelementen zurückgeht, sondern direkt an die Wirkung geschlossener Ströme anknüpft.<sup>1)</sup> Dazu gesellt sich das weitere Ergebnis, daß die Frage nach der Elementarwirkung elektrischer Stromelemente einer vieldeutigen Beantwortung fähig erscheint.<sup>2)</sup> Wenn wir heute aus diesem Ergebnis den Schluß ziehen, daß der Begriff eines Stromelementes eben kein physikalischer, realer, sondern ein rein mathematischer, gedachter ist, so sehen wir diesen Gedanken bei Gauss und Neumann kaum ausgesprochen, und wir empfinden darin noch heute den wissenschaftlichen Zug der Zeit nach, der in der Aufstellung von Gesetzen für die Elementarwirkungen die Hauptaufgabe der Physik erblickte, hinter der alles andere zurücktrat.<sup>3)</sup> Ihre weitgehendste Bestätigung findet meine Auffassung in der Geschichte der Aufstellung des Prinzips der

1) Es handelt sich um die einfachen Integralausdrücke, für das Potential geschlossener Stromwirkungen auf einen Magnetpol und auf andere geschlossene Ströme.

2) Es handelt sich um die Aufstellung von Ausdrücken für elektrodynamische Elementarwirkungen bei Graßmann 1845 und bei Helmholtz 1870.

3) In vollständiger Übereinstimmung mit dieser Auffassung befindet sich eine briefliche Notiz von Carl Neumann, der mir unter Bezugnahme auf eine Stelle meiner Gedächtnisrede auf F. Neumann 1895 schrieb: „Meines Vaters Absicht war offenbar von Hause aus (1845) darauf gerichtet, das elektromotorische Elementargesetz zu finden. Und im Verfolge dieser mühsamen Arbeiten gelang es ihm (1847) — gewissermaßen zufällig — seine beiden Integralgesetze zu entdecken; weniger ja überhaupt alle wirklich neuen Entdeckungen mehr oder weniger Sache des Zufalls sind, d. h. nicht genau in der ursprünglichen Richtung der mühsam Arbeitenden zu liegen pfliegen.“

Energie — oder wie man früher sagte, des Satzes von der Erhaltung der Kraft — eines Gesetzes oder besser: eines Grundsatzes, welcher der mehr in das Kleine und Kleinste zurückgehenden Naturbetrachtung eine andere Auffassung gegenüberstellt. Dieser Satz verzichtet darauf, Elementarwirkungen ins Auge zu fassen, und geht im Gegenteil darauf aus: beständig Summenwirkungen, Integralwirkungen zur Anschauung zu bringen und in Rechnung zu ziehen.

## 4.

*Geschichte des Prinzips der Energie.* — Schon der Umstand, daß die Aufstellung des Prinzips der Energie von Männern erfolgt, die zunächst nicht unmittelbar zur physikalischen Zunft gehören, daß im Gegenteil die Aufstellung des Prinzips der Energie bei damals einflußreichen Physikern auf erheblichen Widerstand stößt, zeigt, wie tief die Anschauung von der vermeintlichen Notwendigkeit der Aufdeckung kleiner und kleinster Elementarwirkungen Wurzel gefaßt hatte.

Die Aufstellung des Prinzips der Energie knüpft im wesentlichen an drei Männer: den süddeutschen Arzt J. R. Mayer (Heilbronn), den englischen Brauereibesitzer J. P. Joule (Manchester), den damaligen preußischen Militärarzt H. Helmholtz (Potsdam).

Es ist jedenfalls außerordentlich charakteristisch, und es hängt das wohl mit Unterschieden gewisser wissenschaftlicher Anlagen einzelner Kulturvölker zusammen, auf welche ich gelegentlich der Auseinandersetzungen über Induktion und Deduktion noch zurückkommen werde, daß gerade bei der Aufstellung des Energieprinzips die Forschung eines Joule — vollkommen durchsetzt mit eigenen Experimenten und Messungen — bei seinen englischen Landsleuten kaum Widerspruch hervorruft, die Forschung eines Mayer und Helmholtz — so gut wie ohne eigene Experi-



mente,<sup>1)</sup> lediglich unter geschickter Verwertung vorhandenen wissenschaftlichen Materials — bei den deutschen Landesleuten auf den größten Widerstand stößt.

Die Leidensgeschichte von J. R. Mayer ist bekannt. Die erste Redaktion seiner Arbeit „Über die Kräfte der unbelebten Natur“ fand 1841 in Poggendorff's Annalen, dem Fachjournal der Physiker, keine Aufnahme. Poggendorff erfüllte nicht einmal die wiederholt ausgesprochene Bitte, das Manuskript zurückzusenden. Es war der Chemiker Liebig, der unbefangener und darum freier seine Annalen der Chemie der Arbeit Mayer's öffnete; aber es lag in der Natur der Zeitschrift, daß hier Mayer's Entdeckung der Beachtung der Kreise zunächst entgehen mußte, auf welche Mayer zu rechnen nun einmal angewiesen war, der Physiker. Erst spät hat Mayer die allgemeine Anerkennung gefunden, die er verdiente; als man nicht müde wurde, ihn mit Ehren zu überhäufen, war er ein gebrochener Mann.

Die Schwierigkeiten, die der junge Helmholtz mit der Anerkennung seiner in der berühmten Schrift „Über die Erhaltung der Kraft“ 1847 niedergelegten Ideen zu überwinden hatte, hat er uns selbst<sup>2)</sup> geschildert: „Die Aufnahme meiner Arbeit in Poggendorff's Annalen wurde mir verweigert. Ruhm und äußere Förderung war in jenen Zeiten mit der neuen Überzeugung noch nicht zu gewinnen; eher das Gegenteil.“ (1881.) An einer anderen Stelle: „Ich wäre vollkommen darauf gefaßt gewesen, wenn mir die Sachverständigen schließlich gesagt hätten: „Das ist uns ja alles wohlbekannt. Was denkt sich der junge Mediziner, daß er

1) Eine Ausnahme bildet der von Mayer auf Veranlassung von Jolly angestellte qualitative Versuch, nach dem Wasser sich erwärmt, wenn es in einer Flasche geschüttelt wird. Siehe Mach, Die Prinzipien der Wärmelehre, Lpz. 1896, S. 246 unten.

2) H. v. Helmholtz: Gesammelte Abhandlungen, Lpz. 1882, Bd. I, S. 74 und: Ansprachen und Reden, gehalten bei der am 2. November 1891 zu Ehren von H. v. Helmholtz veranstalteten Feier. Berlin 1892.

meint, uns das so ausführlich auseinandersetzen zu müssen?“ Zu meinem Erstaunen nahmen aber die physikalischen Autoritäten, mit denen ich in Berührung kam, die Sache ganz anders auf. Sie waren geneigt, die Richtigkeit der Gesetze zu leugnen und in dem eifrigen Kampfe gegen Hegel's Naturphilosophie, den sie führten, auch meine Arbeit für eine phantastische Spekulation zu erklären. Nur der Mathematiker Jacobi erkannte den Zusammenhang meines Gedankenganges mit dem der Mathematiker des vorigen Jahrhunderts, interessierte sich für meinen Versuch und schützte mich vor Mißdeutung.“ (1891.)

Und doch war trotz des Mangels der Anerkennung, der zuerst Mayer und Helmholtz traf, die Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der Kraft im wesentlichen das Fazit einer Summe bekannter Einzelgesetze und Einzelercheinungen. Die Entdeckung war zuerst als ein Führer der Forschung proklamiert; in dem Maße, in dem sich die Folgerungen an der Hand der Erfahrung bestätigten, rückte dieser Satz in den Rang eines Naturgesetzes.

*Ablenkung des Prinzips der Energie von der Atomistik in der Physik.* — War es in erster Linie die Vorstellung von der Bedeutung der atomistischen Konstitution der Materie für die Physik gewesen, welche die Lehre vom Prinzip der Energie und ihre Verwertung in ihrem Aufkommen gehemmt hatte, so bildete nunmehr das Prinzip der Energie und die Erkenntnis seiner allgemeinen Bedeutung das Moment, welches die bisher im Vordergrund stehende physikalische Wertschätzung der Atomistik zurückdrängte. Theorien, welche früher auf der atomistischen Konstitution der Materie als Grundvorstellung aufgebaut waren, wie die Theorie des Magnetismus von Poisson, die Theorie der Elastizität von Navier und Poisson werden nunmehr unabhängig davon unter Zurückgehen auf infinitesimale Volumelemente durch Verwertung infinitesimaler Betrachtungen begründet: für die

Theorie des Magnetismus tut das W. Thomson (der spätere Lord Kelvin), für die Theorie der Elastizität Stokes. Die Bedeutung der Atomistik für die Physik erscheint von berufenen Vertretern vielfach über Gebühr herabgesetzt. Es handelt sich um die Zeit 1871, in welche der Ausspruch von Helmholtz<sup>1)</sup> fällt:

„Über die Atome in der theoretischen Physik sagt Sir W. Thomson sehr bezeichnend, daß ihre Annahme keine Eigenschaft der Körper erklären kann, die man nicht vorher den Atomen selbst beigelegt hat. Ich will mich, indem ich diesem Ausspruch beipflichte, hiermit keineswegs gegen die Existenz der Atome erklären, sondern nur gegen das Streben, aus rein hypothetischen Annahmen über Atombau der Naturkörper die Grundlagen der theoretischen Physik herzuleiten.“

Diese Herabsetzung der Atomistik hält je nach der Individualität der Autoren bald länger, bald kürzer vor. In der Energetik W. Ostwald's findet sie eine besonders prägnante Vertretung. — Helmholtz<sup>2)</sup> macht von der Atomistik zuerst 1874 in seiner Theorie der anomalen Dispersion Gebrauch. Bei Thomson<sup>3)</sup> treten seit 1870 atomistische Betrachtungen sehr energisch in den Vordergrund.

1) Helmholtz: Vorträge und Reden 1884, II, S. 47. Gedächtnisrede auf Magnus. Leider hat Helmholtz es unterlassen, darüber eine Angabe zu machen, wann und wo diese Äußerung von W. Thomson gefallen ist.

2) H. Helmholtz: Zur Theorie der anomalen Dispersion. Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1874.

3) W. Thomson: On the Size of Atoms — Nature 1870. The Size of Atoms — Proceedings Royal Institution 1883. — Die Vorlesungen Thomson's über Molekulardynamik vom Jahre 1884 an der John-Hopkins Universität in Baltimore, in denen für Zwecke der optischen Dispersion und Absorption sehr spezielle und komplizierte Vorstellungen über den Bau der Atome in elastischer Hinsicht ausgearbeitet werden, möchte ich bereits der Epoche der induktiven Betätigung in der Erfindung mechanischer Modelle zuzählen, von der in den Vorträgen über Induktion und Deduktion die Rede sein wird; Lord Kelvin: Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and the wave Theory of Light. London 1904.

## 5.

*Die Physik Faraday's und Maxwell's.* — In dieser Situation gewinnt Einfluß die Physik Faraday's und seines Interpreten Maxwell. Faraday, vollkommen Autodidakt, ohne schulmäßige Vorbildung, hört die Vorträge Davy's, faßt die vorgeführten Experimente in durchaus eigenartiger Weise auf, ohne sich die Erläuterungen und Ausführungen Davy's aneignen zu können, schafft sich eigene wissenschaftliche Begriffe und Bezeichnungen, und diese befähigen ihn bald, von Entdeckung zu Entdeckung fortzuschreiten. An der Hand elektrischer Erscheinungen nimmt Faraday die von Newton erörterte Frage, wie scheinbar unvermittelte Fernwirkung zu stande kommt, wieder auf und beantwortet sie unter der bildlichen Vorstellung der Existenz eines elektronischen Zustandes — eines Zwangszustandes des Zwischenmediums, welches scheinbare Fernwirkungen vermittelt.

Alle Entdeckungen Faraday's sind mühsam erarbeitet, nicht zufällig, aber die Mitwelt nimmt Faraday's Entdeckungen hin, ohne der eigentlichen Gedankenarbeit und Gedankenleistung Faraday's Verständnis abzugewinnen.<sup>1)</sup> Faraday bedarf erst eines besonderen Interpreten, Cl. Maxwell, dem der Nachweis gelingt, daß Faraday's Darstellung einer mathematischen Fassung im höchsten Grade fähig ist.

Faraday's Physik war viel zu stark durch eigene reale Schöpfungen und Entdeckungen erfüllt, als daß in ihr Fragen

1) Wenn Liebig in seinen „Reden und Abhandlungen“ Lpz. 1874, S. 303 bemerkt: „Ich habe mathematische Physiker beklagen hören, daß Faraday's Abhandlungen im Stile beinahe unverständlich und kaum lesbar seien, und daß ihr Inhalt mehr dem Auszuge aus einem Tagebuche gleiche; aber der Fehler lag in ihnen. Auf Physiker, welche auf dem Wege der Chemie zur Physik gekommen sind, machen Faraday's Abhandlungen ganz den Eindruck einer bewunderungswürdigen schönen Musik,“ — so wird zu bemerken sein, daß Liebig den Abhandlungen Faraday's eben nicht das Verständnis abgewonnen haben dürfte, welches erst einem Maxwell zu erschließen gelungen ist.

eine Rolle spielen konnten, wie solche für die bisherige Entwicklung der Physik als maßgebend erachtet waren. In seinen Spekulationen über den elektrotonischen Zustand findet die Vorstellung des Kontinuums des Zwischenmediums, des Dielektrikums ebenso eine angemessene Würdigung, wie in seinem Gesetze über die feste elektrolytische Aktion (1833) die Atomistik. So sehen wir denn auch Maxwell selbstständig schöpferisch tätig in der Verwertung beider Vorstellungen. Die Elektrodynamik ist das Gebiet, in dem Maxwell die Kontinuumsvorstellung pflegt, die kinetische Gastheorie ist das Gebiet, in dem Maxwell atomistische Vorstellungen verwertet. In dem Äther, als Träger der elektrischen Wirkungen, gelten die von Hertz und Heaviside aufgestellten Differentialgleichungen, welche das Spiel der elektrischen und magnetischen Kräfte einander verketteten. Die unitarische Theorie Ampère's, welche magnetische Kräfte auf elektrische Kräfte zurückführte, erscheint aufgegeben zu gunsten einer dualistischen Theorie von der Einheit einer elektrischen und der Einheit einer magnetischen Kraft, welchen gleichberechtigt nebeneinander eine Existenz zuerkannt wird.

Es ist von hohem Interesse, zu verfolgen, in welcher Form und in welcher Stärke sich der Einfluß der Physik Faraday's und Maxwell's auf einen so selbständigen Geist, wie es Helmholtz war, äußert. Bereits in seinen Abhandlungen über die Theorie der Elektrodynamik 1870—1874, also in jener Zeit, in welche die bereits zitierte Äußerung über die Atome fällt, sehen wir Helmholtz zu Maxwell's Elektrodynamik Stellung nehmen — hier allerdings in einer Form, in der man noch kaum davon sprechen kann, daß auch nur entfernt die Tendenz der Maxwell'schen Forschung berührt sei. Erst 1881 gewinnen wir einen Anhaltspunkt<sup>1)</sup> dafür, daß die Faraday-Maxwell'sche Forschung

1) H. Helmholtz: Die neuere Entwicklung von Faraday's Ideen über Elektrizität. Vortrag zu Faraday's Gedächtnisfeier ge-

einen angemessenen Einfluß auf Helmholtz gewonnen hat, und sogleich sehen wir Helmholtz schöpferisch tätig: Faraday's Gesetz der festen elektrolytischen Aktion durch Aufstellung der für die Folge so bedeutsamen Lehre von den Elementarteilern der Elektrizität eine Deutung geben, an welche bis dahin keiner gedacht hatte — eine Deutung, welche mit seiner Äußerung über die Atome vom Jahre 1871 als wohl kaum verträglich bezeichnet werden kann.

*Die Elektronentheorie.* — Die Atomistik gewinnt eine neue Kräftigung durch die Elektronentheorie, nach der die zuerst von Helmholtz eingeführten Elementarquanten der Elektrizität in gewissen Erscheinungen eine von den ponderablen chemischen Molekülen, beziehungsweise Atomen, losgelöste Existenz aufweisen — Kathodenstrahlen,  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  Strahlen. Die gegenwärtige Situation wird aber an der Hand der radioaktiven Umsätze von der Vorstellung beherrscht, daß wir die Atome nicht mehr als starre, unveränderliche Elemente aufzufassen haben, sondern als Elemente, die unter gewissen Bedingungen einer Umwandlung wohl fähig sind. Zugleich lehrt das Prinzip der Energie, daß bei diesen Umwandlungen außerordentlich große Energiemengen ins Spiel treten und in Umsatz kommen.

## 6.

*Besondere Wichtigkeit der Physik für naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie.* — Für eine vollständige Lösung der Aufgabe: die erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften zur Darstellung zu bringen, würde es unzweifelhaft von großem Werte sein, in ähnlicher Weise, wie das bisher für allgemeine physikalische Anschauungen und Auffassungen geschehen ist, mit einem Rückblick auf die

---

halten vor der Chemischen Gesellschaft zu London 1881. Vorträge und Reden, Braunschweig 1884, Bd. II, S. 273.

Grundzüge der geschichtlichen Entwicklung allgemeiner Anschauungen und Auffassungen fortzuführen, wie sie für andere naturwissenschaftliche Disziplinen charakteristisch sind.

Bis zu einem gewissen Grade werde ich mich, obwohl Physiker, dieser Aufgabe nicht ganz entziehen können, auf der anderen Seite liegt es aber in der Natur der Sache, daß ich gerade als Physiker nicht beanspruchen kann, dieser Aufgabe vollkommen gewachsen zu sein. Ich verweise hier gerne zum Zwecke einer größeren Vertiefung auf die Schriften anderer Autoren, wie W. Ostwald und J. Reinke.

So sehr der Einzelne nicht geschickt sein mag, für jede naturwissenschaftliche Disziplin in gleicher Weise erkenntnistheoretisch wichtige Grundzüge in der Geschichte aufzudecken und nachzuweisen, die Tatsache läßt sich nicht leugnen, daß eine Reihe naturwissenschaftlicher Disziplinen die erheblichsten Anregungsmittel einander zugeführt haben, wie schon eine einzelne naturwissenschaftliche Disziplin in sich, je reicher sich ihr Inhalt gestaltet, um so mehr Anregungsmomente entfaltet und um so mehr Anknüpfungspunkte entwickelt, die eine weitere Bereicherung ihres Inhalts verheißen.

Von diesem Standpunkte betrachtet, würde es sein Mißliches haben, eine der naturwissenschaftlichen Disziplinen, Physik, Chemie, Biologie für Zwecke der Erkenntnistheorie zu bevorzugen, wenn nicht auch sonst die grundlegende Bedeutung der Physik für die Methodenlehre der Naturwissenschaften allgemein zugegeben würde.

Der kompetentesten Naturforscher einer, dessen Ausgangspunkt die Medizin war, Helmholtz<sup>1)</sup> sagt: „Die Physik macht unter den Naturwissenschaften die weitesten Verallgemeinerungen, erörtert den Sinn der Grundbegriffe und

---

1) H. v. Helmholtz: Das Denken in der Medizin 1877. Vorträge und Reden 1884. II, S. 168.

enthält die Prinzipien wissenschaftlicher Methodik für alle Erfahrungswissenschaften.“

Die Frage nach dem äußeren Werte der Physik für die Naturwissenschaften ist davon ganz unabhängig, hier handelt es sich um einen inneren Wert. Es soll hervorgehoben werden, daß der erkenntnistheoretische Trieb unter allen Naturwissenschaften seine stärkste Befriedigung in der Physik findet. Keine Naturwissenschaft erfreut sich in der Art durchgebildeter und exakter Theorien, wie solche die Physik aufweist, keine Disziplin unter den Naturwissenschaften bleibt so wenig bei der Aufstellung des Tatbestandes stehen, keine Disziplin ist so sehr befähigt darüber hinauszugehen, wie die Physik. Der Zusammenhang der Tatsachen wird in einer Weise in der Physik auf ganz wenige Grundsätze zurückgeführt, daß diese Art im höchsten Maße als vorbildlich hingestellt werden könnte.

In diesem Zusammenhange mag noch eine Äußerung des Philosophen E. v. Hartmann<sup>1)</sup> angeschlossen werden: „Die Grundbegriffe und Hauptsätze der Physik hat man in derjenigen Behandlungsweise der Physik zu suchen, die man in Deutschland ‘theoretische Physik’ im Gegensatz zur ‘Experimentalphysik’, in England ‘natural philosophy’ nennt. Die Experimentalphysik ist im Laufe des letzten Jahrhunderts mehr und mehr zu einem Vorhof in dem Tempel der physikalischen Wissenschaft geworden, als deren Allerheiligstes sich nun die theoretische Physik darstellt.“

Ich kann mit v. Hartmann bemerken, daß sich die theoretische Physik fast ausschließlich einer mathematischen Behandlungsweise bedient, die der Gemeinverständlichkeit für Leser ohne Vorbildung in der höheren Mathematik entbehrt. In Folge dieser mathematischen Behandlungsweise wurde die theoretische Physik bis noch vor wenigen Jahrzehnten nach dem Vorgang von F. Neumann in Deutschland ma-

1) E. v. Hartmann: Die Weltanschauung der modernen Physik, Leipzig 1902, Vorwort.



thematische Physik genannt. Es läßt sich aber sehr wohl der Versuch durchführen, die Grundgedanken der Disziplin aus ihrer mathematischen Einkleidung abzulösen und in einer kurzen, gemeinfaßlichen Darstellung wiederzugeben.<sup>1)</sup> In den vorliegenden Vorträgen wird es sich nur um eine solche gemeinfaßliche Darstellung der theoretischen Physik handeln.

*Chemie.* — Die Chemie scheint bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft erkenntnistheoretisch unter den Naturwissenschaften die verhältnismäßig geringste Ausbeute zu liefern. Ich spreche hier nicht von dem Werte der Chemie im Besonderen; ich spreche hier von dem Werte dieser Wissenschaft für erkenntnistheoretische Zwecke. Und wenn mir zur Zeit die Chemie für diese Zwecke weniger geeignetes Material zu liefern scheint, dann kann sich das jeden Augenblick ändern.

Die Atomistik, deren Bedeutung für die Physik wir bereits berührt haben, befriedigt ja allerdings in mancher Hinsicht; sie gibt eine Anschauung, ein Schema, wie man sich das Gesetz der einfachen multiplen Proportionen, nach dem die Verbindungen sich aus ihren elementaren Bestandteilen zusammensetzen, vorzustellen hat, und damit kommen wir sehr weit, das befriedigt. Dann aber gibt es wieder andere Züge in der Chemie, wie die, daß eine chemische Verbindung ganz andere Eigenschaften aufweist, als ihre Elemente, und das befriedigt nicht. Es fehlt hier, so scheint es, ein Zwischenglied in der Erkenntnis. Die Wissenschaft hält sich nicht lange dabei auf und kann sich nicht lange dabei aufhalten; sie hat mit diesem Tatbestande einfach zu rechnen, um zur Erkenntnis weiterer Beziehungen fortzuschreiten. Wir können hier einen charakteristischen Zug für naturwissenschaftliche Erkenntnis berühren: Die höchste Befrie-

1) Über Voraussetzungen und Schwierigkeiten des Versuchs einer solchen gemeinfaßlichen Darstellung findet man einige Bemerkungen im Vorwort zu dieser zweiten Auflage der Grundzüge.

digung naturwissenschaftlicher Erkenntnis wäre erzielt, wenn sich die Disziplin unter einer ununterbrochenen Kette von Anschauungen verfolgen ließe; statt dessen ist uns nur eine unterbrochene Kette von Anschauungsgliedern beschieden. Es fehlt über so manche Kluft eine Brücke; wir können die Kluft zurzeit nicht ausfüllen, aber unsere Anschauung kann sich der jenseits der Kluft liegenden Gegend schon jetzt erfreuen, also jenseits der Kluft von neuem einsetzen.

Die Bedeutung der Atomistik für die Chemie soll nicht unterschätzt werden, aber sie darf auch nicht überschätzt werden. Es ist wesentlich die Disziplin, welche man als physikalische Chemie bezeichnet, welche einer gar zu einseitigen Überschätzung der Bedeutung der Atomistik entgegenwirkt.

*Biologie.* — Werfen wir noch einen kurzen Rückblick auf die Biologie. Wir sehen hier von jeher das Studium von Elementarwirkungen dem Studium von Summenwirkungen parallel gehen.

Ein Zurückgehen auf die kleinen und kleinsten Teile hat sich einmal auch hier von eminenter Bedeutung erwiesen. Ich denke an die Rolle, welche schon in älteren Arbeiten die Zelle als kleinster Teil der organischen Welt spielt; ich denke vor allem an die moderne Bakteriologie. Verglichen mit den Atomen der Chemiker sind diese kleinsten Elemente groß, sie liegen innerhalb der Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskops. Wenn es nichtsdestoweniger schwierig war, die Bakterien zu sehen, dann lag es daran, daß die Bakterien farblos wie ihre Umgebung, sich nicht von der Umgebung abhoben. So handelte es sich darum, Farbstoffe zu finden, welche sich den Bakterien und ihrer Umgebung gegenüber verschieden verhielten. Nun hoben sich die Bakterien sichtbar von ihrer Umgebung ab und traten in die mikroskopische Sinneswahrnehmung, zu der sie ihre sonst ausreichende Größe noch nicht gebracht hatte. In solchen

Organismen, eber pflanzlicher wie tierischer Herkunft, gelang es den Ausgangspunkt einer Reihe von Krankheiten aufzudecken und damit auch Fingerzeige zu geben, auf welche Weise man hoffen konnte, diese Geißeln des Menschengeschlechtes zu bekämpfen.

Wie bei manchen chemischen Reaktionen: es sind kleine Ursachen, welche große Wirkungen auslösen. Und diese großen in die Augen fallenden Wirkungen würden dem Erkenntnistriebe des Menschen absolute Hindernisse bereitet haben, wenn der Mensch sich nicht entschlossen hätte, den Vorgängen im Kleinen nachzuspüren, die Welt an der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren, oder geradezu die Welt des Unsichtbaren aufzusuchen.

Das Studium von Summenwirkungen erfolgt in der Biologie unter dem Gesichtspunkte des Begriffs der Entwicklung und der Begriffe, die man schon im gewöhnlichen Leben mit Vererbung, Anpassung, Kampf ums Dasein, Zuchtwahl verbindet. Man mag ja allerdings auch die Erklärung solcher Tatsachen versuchen und man wird z. B. bei dem Begriff der Vererbung an Ähnlichkeit der kleinsten Teile organischer Zellen denken — aber man denkt nur daran, ohne sie in den meisten Fällen nachweisen zu können. Die Hauptsache ist, man arbeitet mit allgemeinen Begriffen, welche auf eine zusammengesetzte Lebenserscheinung Beziehung haben. Wie fruchtbar ist doch z. B. der Begriff Disposition, wie allgemein zugegeben ist seine Bedeutung und wie wenig wird dabei und kann dabei immer auf das Elementare zurückgegangen werden.

---

## ZWEITER UND DRITTER VORTRAG.

### Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis.

#### I.

*Subjektive und objektive Momente der Erkenntnis.* — Ich komme jetzt zu dem eigentlichen Gegenstande meiner Aufgabe, zur Behandlung der erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften. Ich werfe die Frage auf, worin die Eigenart naturwissenschaftlichen Denkens besteht, was das naturwissenschaftliche Denken als solches hervorragend charakterisiert.

Wir haben ja allerdings schon nach mancher Seite naturwissenschaftliches Denken charakterisiert; ich erinnere daran, wie naturwissenschaftliche Forschung die Aufmerksamkeit auf die Erforschung des Kleinen, an der Grenze des Sichtbaren, ja des Unsichtbaren mit großen Erfolgen gelenkt hat. Aber die Betrachtungen, welche wir dabei anstellten, trugen doch einen mehr speziellen Charakter. Ich hob ja auch geradezu hervor, erschöpft würde die Erkenntnis der Natur keineswegs bloß durch Betrachtung des Kleinen, der Elemente, auf welche etwa alles zurückzuführen wäre. Wir müssen in den Naturwissenschaften uns daran gewöhnen, die Natur beständig von den verschiedensten Seiten anzusehen, auch einmal mit weitem Blick.

Die Betrachtungen, zu denen ich jetzt einlade, sind durchaus allgemeiner Natur. Und eben weil sie so allgemein sind, das Große und Kleine umfassen, deshalb dürfen wir schon jetzt die Hoffnung aussprechen, daß diese Betrachtungen über die Naturwissenschaft hinaus ihre fördernde Bedeutung, z. B. für das Geistesleben der Gegenwart haben.

An erster Stelle wird es sich empfehlen, die Aufmerksamkeit auf zwei Standpunkte zu lenken, welche in gewisser Weise als wohlbekannt hingestellt werden können — so bekannt, daß man es vielleicht nicht für nötig erachten möchte, von ihnen überhaupt zu sprechen. Aber darin besteht gerade eine der Hauptforderungen der Erkenntnis, keinen Gegenstand als so bekannt zu erachten und hinzustellen, daß er nicht einer besonderen Untersuchung und Betrachtung bedürftig wäre. Gerade das Bekannteste wird ganz besonders eine genaue Untersuchung und Darstellung erfordern, weil hier gerade am Leichtesten über Momente hinweggegangen werden kann, welche für die in Betracht kommenden Fragen sich als am Ausschlag gebendsten erweisen möchten.

Es handelt sich um die Fragen der Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis, um die Tatsache, daß die Forschung ebenso ein Objekt hat, welches erforscht werden soll, wie ein Subjekt, welches die Forschung anstellt, um die Tatsache, daß die Erforschung eines Objektes gar nicht losgelöst werden kann von dem Subjekt, welches forscht, so sehr der eigentliche Gegenstand der Forschung ein Objekt ist.

Ich höre die erstaunte Entgegnung, daß es ja gerade Aufgabe der Wissenschaft sei, das Objekt der Forschung loszulösen von dem Subjekt, welches die Forschung anstellt, daß die Wissenschaft der Objektivität der Behandlung der Objekte gerade ihr ganzes Ansehen und ihre ganze Macht verdankt, daß die Subjektivität eben das Moment ist, welches die Forschung zu meiden hat.

Es handelt sich — wohlgemerkt — hier um eine Subjektivität in des Wortes bester, edelster Bedeutung. Wenn ein lateinisches Sprichwort besagt: „Nil humani me alienum“, so gilt das auch von der Forschung. Man hat vom Anthropomorphismus der Forschung in ablehnendem Sinne gesprochen, — ich sage: die Forschung wird und muß bis zu

einem gewissen Grade stets anthropomorph bleiben, weil sie eben der Mensch anstellt.

In diesem Sinne kann ich Reinke<sup>1)</sup> zustimmen, wenn er sagt: „Alle unsere Vorstellungen und Urteile sind immer nur menschlich, wir mögen es anfangen, wie wir wollen, und ich habe vielfach bemerkt, daß diejenigen, die am lautesten auf den Anthropomorphismus schelten, besonders tief in anthropomorphen Vorurteilen befangen sind.“

So gewinnt das Wort des jüngst heimgegangenen Physikers Lord Kelvin (W. Thomson): „Die Sinne sind die Eingangspforten<sup>2)</sup> der Erkenntnis“ seine besondere Bedeutung — jedenfalls wird damit ein subjektives Moment der physikalischen Forschung zutreffend gekennzeichnet.

Es empfiehlt sich vielleicht, hier noch zwischen „subjektivistisch“ und „subjektiv“ zu unterscheiden, wenn ich mit subjektivistisch einen übertriebenen, mit wissenschaftlichen Grundsätzen nicht zu vereinbarenden Subjektivismus bezeichne, dem die Berührung und Durchdringung mit dem Objekt fehlt.<sup>3)</sup> Ich reserviere damit die Bezeichnung „subjektiv“ für den im Rahmen der Wissenschaft durchaus berechtigten Subjektivismus, der sich klar ist, daß er das Objekt zu durchdringen hat, daß er das Studium auf die mannigfaltigsten Äußerungen des Objekts in der Erscheinungswelt auszudehnen hat.

*Abbildungstheorie der Wirklichkeit.* — Es handelt sich lediglich um eine andere Ausdrucksweise eines wohl zuerst von H. Hertz ausgeführten und dann allgemeiner ange-

---

1) Reinke: Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901. Vorrede S. XI.

2) Titel eines der populären Vorträge von W. Thomson.

3) In diesem Sinne würde die Physik des Altertums zu einem großen Teil als subjektivistisch zu bezeichnen sein. Subjektivistisch ist z. B. die Atomistik des Altertums, die im Gegensatz zur modernen Atomistik als ein phantastisches Gebilde ohne innere reale Nötigung erscheint.

nommenen Gedankens,<sup>1)</sup> daß wir in unserer Naturerkentnis über eine Abbildung der Wirklichkeit eigentlich niemals hinauskommen können. So sagt auch Poincaré:<sup>2)</sup> Unsere Benennungen sind „nichts als Bilder, die wir an die Stelle der wirklichen Objekte gesetzt haben, und diese wirklichen Objekte wird die Natur uns ewig verbergen; die wahren Beziehungen zwischen diesen wirklichen Objekten sind das einzig Tatsächliche, welches wir erreichen können, und die einzige Bedingung ist, daß dieselben Beziehungen, welche sich zwischen diesen Objekten befinden, sich auch zwischen den Bildern befinden, welche wir gezwungenermaßen an die Stelle der Objekte setzen. Wenn diese Beziehungen uns bekannt sind, so macht es nichts aus, ob wir es für bequemer halten, ein Bild durch ein anderes zu ersetzen.“

Insofern ein Bild — besonders wenn es Kunstwert hat — eine subjektive Auffassung des Abzubildenden wiedergeben wird, scheint mir sogar der Ausdruck von Hertz den subjektiven Charakter der Erkenntnis noch stärker dem Objekt gegenüber in den Vordergrund zu stellen, als es nach der von mir für zweckmäßig gehaltenen Gegenüberstellung von Subjekt und Objekt angemessen erscheinen möchte.

Es handelt sich für uns darum, eine reale, den Naturwissenschaften angemessene Erkenntnistheorie zu treiben; darin liegt der tiefere Grund des dualistischen Grundsatzes, den ich an die Spitze der Untersuchung zu stellen für richtig halte. Diesem naturwissenschaftlichen Dualismus der Erkenntnis, wie er durch das Wesen des Subjekts und Objekts bedingt ist, erscheint häufig ein philosophischer Monismus der Erkenntnis gegenübergestellt, bei dem in der Regel das Objekt der Erkenntnis gegenüber dem Subjekt zu kurz kommt.

1) H. Hertz: Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt. Lpz. 1894, S. 1 u. folg. — L. Boltzmann: Vorlesungen über die Prinzipien der Mechanik. Lpz. 1897, S. 2.

2) H. Poincaré: Wissenschaft und Hypothese, deutsche Ausgabe von F. u. L. Lindemann. Lpz. 1906, S. 162.

*Erläuterung an I. Kant's transendentalem Idealismus.* — Die von mir in Vorschlag gebrachte Bezeichnungsweise mag in ihrer besonderen Eigenart, in ihrem besonderen Sinne ihre Erläuterung an Autoren finden, die von besonderem Einfluß sind.

Wir können da keinen passenderen Autor an die Spitze stellen als unseren I. Kant. Kant hat in hohem Grade die Naturwissenschaften seiner Zeit beherrscht; er hat vor Laplace seine kosmologischen Studien über die Entstehung des Planetensystems veröffentlicht — Studien, auf welche die heutige Wissenschaft noch immer gerne und oft zurückgreift. Auf der anderen Seite hat er für den menschlichen Verstand die Untersuchungen angestellt, die für die physikalische Forschung ein gewisses Analogon in der Erkenntnistheorie aufweisen — wenigstens läßt sich die Sache für den Augenblick so ausdrücken.

Ich darf die Lehre von Kant über die Transzendentalität des Raumes und der Zeit als innere Anschauungsformen a priori hier als bekannt voraussetzen. In unserer Ausdrucksweise werden wir sagen können: Raum und Zeit sind nach Kant subjektive innere Anschauungen, denen eine eigentliche objektive Realität nicht entspricht. Auch Kant's Auffassung von den Naturgesetzen wird hier berührt werden müssen; wir werden auch sie als subjektiv zu bezeichnen haben, wenn wir an den Ausspruch<sup>1)</sup> denken: „Der Verstand schöpft seine Gesetze nicht aus der Natur, sondern schreibt sie dieser vor.“

Diese meine Bezeichnungsweise steht durchaus nicht im Widerspruch mit dem, was philosophischerseits als besondere Objektivität der Kant'schen Forschung zum Ausdruck gebracht zu werden pflegt: das Organ der Forschung, den menschlichen Verstand als Objekt der Untersuchung hinzustellen. Es wird nicht geleugnet werden können, daß Raum und Zeit ihre subjektive Seite haben — darüber spricht

1) I. Kant: Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. § 36 Schlußsatz.



bereit Newton — es wird auch nicht geleugnet werden können, daß die Naturgesetze ihre subjektive Seite haben. Aber der Physiker — das muß ebenso hervorgehoben werden, wir können wieder sagen in Übereinstimmung mit Newton — wird den Standpunkt nicht aufgeben können, daß Raum und Zeit, daß die Naturgesetze auch ihre objektive, reale Seite haben.

*Erläuterung an E. Mach's Phänomenologie.* — Ein anderer für uns willkommener Vertreter, den wir hier nicht übergehen dürfen, ist E. Mach. Die Phänomenologie Mach's: die Lehre, daß die Welt der Erscheinungen, der Empfindungen das für uns wahrhaft Tatsächliche sei, möchte ich als einen anderen Typus des Subjektivismus hinstellen. Können wir Kant's Subjektivismus als einen inneren bezeichnen, insofern er an innere Anschauungsformen des Verstandes, überhaupt an die innere Tätigkeit des Verstandes knüpft, — so können wir Mach's Phänomenologie, welche an die Welt der Erscheinungen, also an die Welt der Sinne knüpft, Kant's Lehre als einen äußeren Subjektivismus gegenüberstellen. Mach ist z. B. in diesem Sinne ein Gegner des atomistischen Standpunktes, insofern die Atomlehre jeder Phänomenologie widerstreitet. Von diesem Standpunkte aus dürfte Mach unzweifelhaft auch Gegner der modernen Elektronenlehre sein.

Richtig dürfte sein, daß die Erscheinungswelt den Ausgangspunkt der Forschung bildet. So wird es für die Darstellung auch sehr empfehlenswert sein, die Momente des wissenschaftlichen Systems recht hervorgehoben zu sehen, welche lediglich durch die Welt der Erscheinungen gegeben sind, — aber es dürfte als bedenklich empfunden werden: den durch die Schranken der Sinne bedingten und von ihr abhängigen Erscheinungskreis als erschöpfendes Material für eine wissenschaftlich objektive Behandlung hinstellen zu wollen.

Für das Studium der „Analyse der Empfindungen“ erscheint die Hervorkehrung dieser äußerlich subjektiven phänomenologischen Auffassung von besonderer Wichtigkeit und Bedeutung. In diesem Sinne stellt Mach in den einleitenden „antimetaphysischen Vorbemerkungen“ seiner Analyse der Empfindungen, meines Erachtens zutreffend, physikalische Anschauungen und Methoden den von der Physiologie der Sinne eingeschlagenen Methoden: die Empfindung an sich zu untersuchen — physikalische Anschauungen und Methoden gegenüber.<sup>1)</sup> Aber auf die Dauer scheinen die Resultate seines Studiums der Analyse der Empfindungen einen derartigen Einfluß auf seinen weiteren Entwicklungsgang ausgeübt zu haben, daß er sie auf die physikalischen Anschauungen und Auffassungen unmittelbar übertrug.

Wir werden mit Stumpf „die Phänomenologie als eine bis zu den letzten Elementen vordringende Analyse der sinnlichen Erscheinungen in sich selbst“ definieren können.<sup>2)</sup> Es erhebt sich die Frage, ob eine solche Analyse vollkommen aller Elemente wird entraten können, in denen die Tatsachen der Schranken der Sinne ihren Ausdruck finden.

## 2.

*Abwehr mißverständlicher Auffassungen.* — Der von mir durch den Hinweis auf die Existenz eines Subjekts und Objekts bedingte dualistische Gegensatz der Erkenntnis kann mißverstanden werden. Man kann sagen — in der Auffassung, daß wir über eine Abbildung der Wirklichkeit nicht hinauskommen (Hertz) — oder in der Auffassung, daß wir über die Schranken der Erscheinungswelt nicht hinauskommen (Mach's Phänomenologie), daß uns die Wirklichkeit, also das Objekt dauernd verschlossen bleibt.

Bei diesem Einwand handelt es sich mehr um eine Aus-

1) E. Mach: Die Analyse der Empfindungen. 5. Aufl. Jena 1906, S. 1.

2) Carl Stumpf: Die Wiedergeburt der Philosophie. Rede zum Antritt des Rektorats der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin am 15. Oktober 1907. Leipzig 1907, S. 28.

druckweise, über deren Zweckmäßigkeit man streiten mag, über deren Sinn man sich aber jedenfalls verständigen kann. Ob ich sage Objekt oder phänomenologische Abbildung dieses Objekts, wird für die Mehrzahl der hier zu untersuchenden Gegenstände gleichgültig sein. Was ich im letzten Grunde gegenüberstellen will, ist das, was man gemeinhin Tatsachen und was man Ideen über diese Tatsachen nennt.

*Verhältnis von Ideen und Tatsachen.* — Es gibt keine Wissenschaft, welche erkenntnistheoretisch so klar und durchsichtig das Verhältnis von Ideen und Tatsachen und die Bedeutung dieses Verhältnisses zur Anschauung bringt, wie die Naturwissenschaft. Tatsachen sind und können nur immer ein näherungsweise vollkommener Ausdruck einer Idee sein. Es liegt sehr häufig der Irrtum vor, Tatsachen als vollkommen reinen Ausdruck einer Idee hinzustellen. In meiner Auffassung über das Verhältnis von Ideen und Tatsachen liegt auch die tiefere Erklärung dafür, daß zur historischen Auffassung Tatsachen ein gewisses Alter aufweisen müssen, daß die Gegenwart am allerwenigsten in jedem Falle zu einer wissenschaftlichen Auffassung ihrer Tatbestände und Tatsachen befähigt.

Ich kann meine Anschauungen über das Verhältnis von Ideen und Tatsachen durch keinen Gewährsmann besser erhärten, als durch Liebig, den berühmten Chemiker. Liebig sagt im dritten seiner chemischen Briefe:

„Wir schätzen die Tatsachen ihrer Unvergänglichkeit wegen, und weil sie den Boden für die Ideen abgeben; den eigentlichen Wert empfängt aber die Tatsache erst durch die Idee, die daraus entwickelt wird.“

„Eine allzu große Schätzung der bloßen Tatsachen ist übrigens häufig ein Merkzeichen eines Mangels an richtigen Ideen. Nicht der Reichtum, sondern die Ideen-Armut umgibt sich mit einem Schwulst von Lappen, oder trägt alte, zerrissene, fadenscheinige oder unpassende Kleider.“

„Es gibt Ideen von einer Größe und Weite, daß sie, auch völlig durchlöchert, immer noch soviel Stoff übrig lassen, um die Denkkraft einer ganzen Generation ein Jahrhundert lang zu beschäftigen.“

*Oszillation zwischen Subjekt und Objekt.* — Der von mir so gekennzeichnete und durch Hinweis auf unverdächtige Gewährsmänner vor Mißverständnissen wohl hinlänglich geschützte dualistische Grundzug der Erkenntnis wird sich — das denke ich — noch besser empfehlen, wenn ich auf die Anregungselemente hinweise, welche er in sich schließt. Die Einwirkungen, welche das Subjekt vom Objekt zu empfangen sucht, in Verbindung mit der Reihe von Reflexionen, mit denen das Subjekt an das Objekt herantritt, kann bei tieferem Studium unter der Form eines oszillierenden Denkprozesses vergegenwärtigt werden.

Am bekanntesten sind solche Oszillationsprozesse wohl bei der Betrachtung von Kunstwerken. Wir lassen ein Kunstwerk voll und ganz auf uns wirken, es werden dadurch gewisse Ideen — der Ausdruck trifft nicht ganz zu — in uns ausgelöst, mit denen wir dann wieder in die Betrachtung der Kunstwerke hineingehen. Auf der Einleitung eines solchen oszillierenden Prozesses beruht der ästhetische Genuß von Kunstwerken.

Ähnlicher Wechselwirkungen zwischen uns und den Naturobjekten, wie sie sich in den Naturwissenschaften erkenntnistheoretisch so förderlich erweisen, möge hier kurz gedacht werden:

Eine der vornehmlichsten für die Naturwissenschaft so fruchtbaren Wechselwirkungen ist die Wechselwirkung zwischen Sinnesempfindung und Denken; spielt eine solche Wechselwirkung doch schon in der Erziehung des Menschen eine so große Rolle, wo die Sinne das Denken anregen, und das Denken die Sinne gebrauchen und üben lehrt.

Diese Wechselwirkung zwischen sinnlichen Wahrnehmungen

gen und dem Denken ist es, welche die Begriffsbildung in den Naturwissenschaften so wesentlich unterstützt. Wir dürfen die Willenskraft nicht gering anschlagen, Begriffsbildungen vorzunehmen. Die Natur redet in ihrer Unermeßlichkeit zum Menschen eine so gewaltige Sprache, daß das Unternehmen, sie zu begreifen, zunächst aussichtslos erscheinen mag — und es hat in der Geschichte auch lange genug als aussichtslos bestanden. Erst Erfolge ermutigten zu weiteren Versuchen und forderten zur Vornahme weiterer Begriffsbildungen heraus. Aber trotz aller Erfolge auf diesem Gebiete bleibt die Begriffsbildung ein außerordentlich schwieriges Unternehmen; die Schwierigkeit würde unübersteigbar erscheinen, wenn das Denken, welches schließlich doch den Prozeß der Begriffsbildung zu vollziehen hat, nicht gerade bei den Naturwissenschaften durch die Sinne seine kräftigste und beständig erfrischende Anregung erhielt.

*Begriff der Anpassung.* — Dazu kommt noch ein anderes: Unser Geist, unser Anschauungs- und Denkvermögen sind nicht ein a priori gegebenes Starres, Unveränderliches, sie sind wie alles Organische und wie alle unsere Organe ein sich Bildendes, Veränderliches, auf das Umgebung und Verhältnisse in der stärksten Weise einwirken, sie sind damit einer Anpassung fähig. Dieser Ausdruck, der biologischen Forschung Darwin's entnommen, ist zuerst von E. Mach<sup>1)</sup> von der physischen Forschung auf das psychische Gebiet und damit auf das Gebiet der Erkenntnistheorie mit Recht übernommen. Das Bild des oszillierenden Denkprozesses scheint mir geeignet, ihn in das helle Licht zu setzen.

Nun handelt es sich aber weiter nicht bloß um Anpassungen des Subjekts an das Objekt. Ohne die ständigen, durch das Objekt gegebenen äußeren Anregungen unter-

---

1) E. Mach: Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken 1883. Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. Lpz. 1896, S. 231.

schätzen zu wollen, wird auch der inneren subjektiven Verarbeitungen zu gedenken sein — einem inneren Läuterungsprozeß vergleichbar.

Einen derartigen Läuterungsprozeß hat der Einzelne wie die Wissenschaft fortgesetzt durchzumachen. In einem solchen fortgesetzten Läuterungsprozeß, seiner Entwicklung und Gestaltung beruht das geistige Leben der Einzelnen wie der Wissenschaft. Hört dieser Prozeß auf, dann ist das Wissen ein totes und abgestorbenes, dann hört die Wissenschaft auf, sie hat ihr Ende erreicht.

Dieser Läuterungsprozeß kann nur in dem wiederholten Versuche der Aneignung und Anpassung bestehen. Der Gegenstand ist viel zu umfassend und zu schwierig, als daß die Forderung eines königlichen Weges erhoben werden könnte, auf dem bequem, ohne allzu große Anstrengung mit einem Male das wissenschaftliche System hergestellt werden könnte. Es gibt keinen Königsweg, weder in der Mathematik, noch sonst in der Wissenschaft.

So möchte ich denn der äußeren Anpassung, an welche diese Betrachtung angeknüpft ist, eine innere Anpassung gegenüberstellen. Entspricht der äußeren Anpassung das Bild der Oszillation, so möchte der inneren Anpassung das Bild des Kreislaufes entsprechen. In diesem Sinne sagt Liebig:<sup>1)</sup> „Der Fortschritt ist eine Kreisbewegung, in welcher sich der Radius verlängert.“ In diesem Sinne zeichnet Leibniz das Bild der Spirale und schreibt darunter: „*inclinata resurgit!*“

3.

*Frage, ob wir der Natur oder ob die Natur uns die Begriffe vorschreibt.* — Versuchen wir uns an dem Bilde des oszillierenden Denkprozesses für eine weitere Reihe von Fragen zu orientieren. Nehmen wir Stellung zu dem vorher erwähnten Ausspruch von Kant: „Der Verstand schöpft seine Ge-

1) Justus von Liebig: Reden und Abhandlungen 1874, S. 273-

setze nicht aus der Natur, sondern schreibt sie dieser vor.“ Werfen wir also die Frage auf, ob im Grunde genommen wirklich wir die Begriffe in die Natur hineinlegen, oder ob die Natur uns die Begriffe vorschreibt.

Die richtige Beantwortung der Frage liegt in der Verbindung beider Gesichtspunkte. Geben wir selbst zu, daß der erste Versuch, in die Natur mit Begriffen hineinzugehen, von uns ausgehen mag, so kommt doch alles darauf an, ob wir mit der Fassung des Begriffes weiter in der Natur durchkommen. Es ist unwahrscheinlich, daß wir gleich beim ersten Ansatz den Begriff entsprechend den Erscheinungen gefaßt haben, wir werden ihn vielleicht nur näherungsweise richtig gefaßt haben; die Natur wird uns bei weiterer Erfahrung belehren, in welcher Richtung wir die Fassung zu verbessern oder zu ändern haben. Wir können uns einen solchen wechselwirkenden oszillierenden Prozeß ins Unbegrenzte fortgesetzt denken, um ein der inneren Entwicklung der Wissenschaft in vielen Fällen ganz entsprechendes Bild zu gewinnen.

Je nachdem wir auf der einen oder anderen Stufe dieses Erkenntnisprozesses stehen bleiben, können wir uns in unseren erkenntnistheoretischen Untersuchungen in der mannigfaltigsten Weise formulieren, in einer Weise, bei der gegensätzliche Standpunkte eingenommen zu sein scheinen, ohne daß der Natur der Sache nach von einem Gegensatz die Rede sein kann — oder wenigstens die Rede zu sein braucht. Im Gegenteil wird es sich zur Vertiefung der erkenntnistheoretischen Untersuchung empfehlen, diese vermeintlich gegensätzlichen Standpunkte zu wechseln und sich bald dieser, bald jener Sprache zu bedienen, um den wahren erkenntnistheoretischen Kern, der vielleicht von dem vorübergehend gewählten Standpunkte gerade unabhängig ist, in seiner Reinheit um so bewußter bloßzulegen.

Indem wir hier die Vorteile wahrnehmen, welche bei einer Reihe philosophischer Untersuchungen die Gegenüberstellung

und Verwertung der Ausdrücke: objektiv und subjektiv — a priori und a posteriori — real und ideal — mit sich bringen, weisen wir zugleich auf ein Gebiet hin, auf dem eine solche Gegenüberstellung verblaßt.

Das Ziel der Naturwissenschaften ist es, diese subjektiven und objektiven Momente zur Deckung zu bringen. Insofern diese Deckung gelingt, verlieren unsere naturwissenschaftlichen Ideen ihren subjektiven Gehalt, hören auf bloße Ideen zu sein und werden Realitäten.

Wie überall, so sind auch hier die Begriffe ideal und real keine Gegensätze, sie werden auf der Stufe höchster begrifflicher Durcharbeitung Identitäten. Nur muß diese Identität sich als eine Folge wirklich ernster, auf dem Grunde wechselwirkender Prozesse zwischen Objekt und Subjekt sich vollziehender Durcharbeitung ergeben. Wird bei diesem oszillierenden Prozeß die Bedeutung des Realen unterschätzt, so laufen wir Gefahr, in die Betrachtungsweise eines Hegel zu verfallen, wird bei diesem oszillierenden Prozeß die Bedeutung des Idealen (der Idee) unterschätzt, so kommen wir in materialistisches Fahrwasser, bleiben günstigenfalls rohe Empiriker.

Wie in jedem einzelnen Falle der wechselwirkende Prozeß eingeleitet wird, ob er vom Subjekt, ob er vom Objekt ausgeht, ist an und für sich gleichgültig; beide Behandlungen haben ihre Berechtigung. Die Beantwortung der Frage, ob jener Prozeß der Natur der Sache entsprechend einen objektiven oder subjektiven Ausgangspunkt hat, ist im Grunde genommen Ansichtssache. Läßt man den subjektiven Ausgang als ursprünglich zu, dann eröffnet sich die Frage nach dem, was a priori gegeben, und wir kommen in Kant'sches Fahrwasser, läßt man den objektiven Ausgang als ursprünglich zu, dann fällt die Frage nach dem a priori Gegebenen und wir nehmen die Stellung des modernen naturwissenschaftlichen Erkenntnistheoretikers ein.



*Verhältnis der Notwendigkeit des Denkens zur Notwendigkeit des Naturgeschehens.* — Eine Frage, die hiermit auf das Engste zusammenhängt, ist die nach dem Verhältnis der Notwendigkeit des Denkens zur Notwendigkeit des Naturgeschehens.

Man kann es als eine der Aufgaben der Naturwissenschaften betrachten, die Gesetze der Logik in uns in der äußeren Natur wiederzufinden, und man kann die Frage aufwerfen, worauf denn eigentlich die stillschweigende Voraussetzung dieser Übereinstimmung der Gesetze des Naturgeschehens mit denen der menschlichen Logik, oder auch nur die Möglichkeit einer solchen beruht. Solange man die Logik als etwas ausschließlich a priori Gegebenes betrachtet, mag diese Frage berechtigt erscheinen, aber man kann die Sache auch anders betrachten.

E. Mach äußert sich:<sup>1)</sup> „Man sagt, die Tatsachen stünden in den Darlegungen des Physikers in der Relation der Notwendigkeit, welchen Umstand die bloße Beschreibung nicht zum Ausdruck bringt. Wenn ich konstatiert habe, daß eine Tatsache *A* gewisse (z. B. geometrische) Eigenschaften *B* hat, und mich in meinem Denken daran halte, so kann ich selbstredend nicht zugleich wieder hiervon absehen. Das ist eine logische Notwendigkeit. Hierin liegt aber nicht, daß dem *A* notwendig die Eigenschaft *B* zukommt. Dieser Zusammenhang ist lediglich durch die Erfahrung gegeben. Eine andere als eine logische Notwendigkeit, etwa eine physikalische, existiert eben nicht.“

Diese Äußerung ist von dem Standpunkte aus, den ich als den subjektiven bezeichnet habe, vollkommen richtig. Ich kann aber dieser Äußerung eine andere gegenüberstellen, deren Standpunkt als objektiv bezeichnet werden könnte. Das äußere Geschehen der Dinge, soweit es notwendig und gesetzmäßig vor sich geht, drängt sich auch schon dem kleinsten

1) E. Mach: Prinzipien der Wärmelehre 1896, S. 435.

Erfahrungskreise auf, und dieses gesetzmäßige äußere Geschehen der Dinge ist es, welches empirisch uns zwingt, diese **Gesetzmäßigkeit nachzudenken**. So halte ich dafür, daß die Logik in uns ihren Ursprung in dem gesetzmäßigen Geschehen der Dinge außer uns hat, daß die äußere Notwendigkeit des Naturgeschehens unsere erste und recht eigentliche Lehrmeisterin ist.

Nach dieser Auffassung könnte ich vielleicht sagen: Eine andere als eine reale Notwendigkeit, etwa eine logische (geistige) existiert eben nicht — und ich würde mich darum noch keineswegs in Gegensatz zu E. Mach zu stellen brauchen. Die Durcharbeitung beider Standpunkte hat ihr besonderes Interesse, und wenn von einer Differenz der Anschauungen dabei die Rede sein kann, wäre es die Frage, welche Formulierung der geschichtlichen Entwicklung menschlichen Geistes und menschlicher Wissenschaft entspricht. Die Durcharbeitung beider Standpunkte kann nur zur Vertiefung unserer Gedanken über die Übereinstimmung der Gesetze des Naturgeschehens mit denen der menschlichen Logik oder auch nur der Möglichkeit einer solchen führen.<sup>1)</sup>

*Frage nach der Ursprünglichkeit des Notwendigkeitsbegriffes.*  
— Haben wir bisher die Frage offen gelassen, ob wir im Grunde genommen die Begriffe in die Natur hineinlegen, oder ob die Natur sie uns aufzwingt, so ist ein Versuch ihrer Beantwortung nicht nur interessant, sondern auch für die Erkenntnistheorie von fundamentaler Bedeutung.

---

1) H. Hertz hat bekanntlich in seinen Prinzipien der Mechanik S. 1 es als eine besondere Forderung aufgestellt, daß denotwendige Folgen und naturnotwendige Folgen übereinstimmen. Ich halte nach dem Obigen die Aufstellung einer solchen Forderung mit Boltzmann für überflüssig, der sich in seiner Abhandlung „Über die Frage nach der objektiven Existenz der Vorgänge in der unbelebten Natur“ einfach dahin äußert: „Die Anforderung an jede Theorie ist, daß sie richtig und ökonomisch sei; dann entspricht sie eo ipso dem Denkgesetzen.“ L. Boltzmann, Populäre Schriften, Lpz. 1905, S. 164.

Ich möchte an die Spitze dieser Untersuchung die Tatsache und den schon vorhin berührten Begriff der Anpassung stellen. Die Anpassung ist nicht nur eine physische (Darwin), sondern auch eine psychische Tatsache (Mach). Das menschliche Individuum, seine sinnlichen und geistigen Organe passen sich der Umgebung, d. h. den vorliegenden Bedingungen bis zu einem gewissen Grade an, und dieses — wenn auch beschränkte — Anpassungsvermögen findet seinen getreuen Ausdruck in den geistigen Fähigkeiten der Menschen. Die geistige Fähigkeit ist nichts anderes als das Anpassungsvermögen auf geistigem Gebiete.

Das geistige Anpassungsvermögen der Menschheit entwickelt sich wesentlich an zwei Faktoren von fundamentaler Bedeutung, die wir als Natur und Geschichte bezeichnen können. Ohne die Bedeutung des geschichtlichen Faktors irgendwie zu unterschätzen, werden wir nicht fehlgehen, wenn wir die Natur für den menschlichen Geist als das im wesentlichen a priori Gegebene, Geschichte als das im wesentlichen a posteriori Gegebene ansehen. Die Natur mit ihren Gesetzen, mit ihrer ehernen Notwendigkeit des Geschehens war da, als der Mensch der „Herr der Schöpfung“ und seine Geschichte in die Natur eintrat; die Bedingungen für die Möglichkeit physischen und psychischen Gedeihens des Menschen und seiner Geschichte mußten älter sein als der Mensch selbst mit seinen physischen und psychischen Fähigkeiten. Diese Bedingungen mit ihrer äußeren Notwendigkeit des Geschehens waren naturwissenschaftlich betrachtet das a priori Gegebene, welches auf die Fähigkeiten des Menschen gestaltend (formal, formend, bildend) einwirkte.

Unter der beständigen Einwirkung eines äußeren Notwendigen entwickelte sich — naturwissenschaftlich betrachtet — oder mußte sich entwickeln eine innere Notwendigkeit des Denkens, welche nichts anderes als ein Abbild der äußeren Notwendigkeit war. Nur zu häufig geriet die so

entwickelte innere Denknötwendigkeit in Konflikt mit der äußeren Notwendigkeit des Naturgeschehens, und das war und ist noch heute, wo es eintritt, ein Zeichen der Apriorität der uns gegebenen äußeren Natur mit ihrer Notwendigkeit, hinter der unsere innere Denknötwendigkeit beständig nachhinkt, der sich unser Denken beständig weiter anzupassen bemüht ist. Wir sprechen heute von der strengen Schule, in welche die Naturwissenschaft methodisch den menschlichen Geist nimmt, und wir haben nur denselben Gedanken in populärer Form ausgesprochen, in dem die Anschauung gipfelt, daß die Natur mit ihren Gesetzen für den menschlichen Geist und seine Logik das a priori Gegebene ist. Der objektive Inhalt der Naturgesetze erscheint uns so als ein a priori Gegebenes, wenn wir die Formulierung ihres Inhaltes auch erst a posteriori finden und aufstellen.

Dieses ursprüngliche Verhältnis zwischen Denknötwendigkeit und Naturnötwendigkeit, welches durch Unterricht und reproduktive Tätigkeit nur verwischt werden kann, ist es, welches in Fragen menschlicher Erkenntnis die mannigfaltigsten Formen annehmen und die verschiedensten Anschauungen über das a priori oder a posteriori Gegebene uns vortäuschen kann.

Gibt man die von mir entwickelte Anschauung als wenigstens teilweise zutreffend zu, so wäre damit die fundamentale Bedeutung der Naturwissenschaft für jedwede Logik und Erkenntnistheorie zugestanden. Die Naturwissenschaft wäre dann in der Tat so ziemlich der Angelpunkt für alle Fragen menschlicher Erkenntnis.

## 4.

*Frage nach der Kausalität und dem zureichenden Grunde.* — Ich glaube bisher die Subjektivität als einen durchaus berechtigten Faktor für Fragen der Erkenntnis erwiesen zu haben. Meine Betrachtungen würden sehr unvollständig sein, wollte ich nicht noch auf Fälle hinweisen, für welche

häufig die äußerste Objektivität in Anspruch genommen zu werden pflegt, für welche sich aber nicht nur die Subjektivität ihres Ursprungs aufdecken läßt, sondern in denen auch ein ganzer Begriff vermöge dieser seiner Subjektivität als unberechtigt auszuschalten sein wird. Ich rechne dahin den Begriff der Kausalität in Verbindung mit dem sogenannten Satze vom zureichenden Grunde.

Man pflegt häufig das Naturgeschehen als ein kausales zu bezeichnen. Man sagt: alles Naturgeschehen hat seinen Grund, und Aufgabe der Naturwissenschaft ist es, die Gründe für das Naturgeschehen durch Aufstellung der Naturgesetze aufzudecken.

Die moderne Erkenntnistheorie lehnt den Begriff der Kausalität für das Naturgeschehen ab. Die Frage nach dem Warum der Erscheinungswelt gehört ebenso wie die Frage nach dem Wozu einer früheren Epoche an. Der Begriff der Kausalität hat seine Stelle und sein Recht im Gebiete menschlicher Handlungen und Einrichtungen und darf nicht auf das äußere Naturgeschehen übertragen werden.

Es mag in diesem Zusammenhange die Äußerung eines vollkommen unverdächtigen Autors Aufnahme finden, welche den Weg weist, zu dem eine längere intensive Beschäftigung mit den Naturwissenschaften leitet. Nachdem Helmholtz 1847 in seiner Schrift „Über die Erhaltung der Kraft“ der theoretischen Physik die Aufgabe zugewiesen hatte,<sup>1)</sup> „die unbekanntten Ursachen der Vorgänge aus ihren sichtbaren Wirkungen zu finden, dieselben zu begreifen nach dem Gesetze der Kausalität“ — nachdem er hinzugefügt hatte: „Wir werden genötigt und berechtigt zu diesem Geschäfte durch den Grundsatz, daß jede Veränderung in der Natur eine zureichende Ursache haben müsse,“ — berichtet er sich 1881 in dem Zusatz zu dem Wiederabdruck seiner Schrift

1) H. Helmholtz: *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. I. Leipzig 1882, S. 13 u. 68.

in den gesammelten Abhandlungen: „Die philosophischen Erörterungen der Einleitung sind durch Kant's erkenntnistheoretische Ansichten stärker beeinflusst, als ich jetzt noch als richtig anerkennen möchte. Ich habe mir erst später klar gemacht, daß das Prinzip der Kausalität in der Tat nichts anderes ist als die Voraussetzung der Gesetzlichkeit aller Naturerscheinungen.“

Wenn wir in den Naturwissenschaften den Ausdruck Kausalität durchaus beibehalten wollen, werden wir darunter die Gesetzlichkeit der für die Naturwissenschaften in Betracht kommenden Erscheinungen zu verstehen haben. Wir werden uns aber dauernd daran zu erinnern haben, daß die Bezeichnung „Kausalität“ ihren Ursprung in dem Gebiete menschlicher Willenshandlungen hat: wir handeln aus Gründen, um gewisse Zwecke zu erreichen; der Ursprung des Kausalitätsbegriffs ist soweit ein anthropomorpher. Es ist in mancher Beziehung bemerkenswert, daß Naturforscher, welche am lautesten sich gegen die Verwertung anthropomorpher Elemente in den Naturwissenschaften verwahren, am ersten bereit sind, die anthropomorphe Seite der Kausalitätsbegriffe zu verwerten.

Die Begreiflichkeit der Natur beruht nicht darauf, im Sinne einer vermeintlichen Kausalität nach Gründen und Ursachen zu suchen, sondern im Sinne einer durch die Forschung nahegelegten Erkenntnistheorie: die Natur durch ein System von Begriffen abzubilden<sup>1)</sup> — es kommt damit gerade der innere Zusammenhang des Inhalts der Worte „Begreifen“, „Begriff“ in der angemessensten und glücklichsten Weise zum Ausdruck.

Das Naturgeschehen ist ein notwendiges nicht in dem Sinne, daß wir die Gründe dafür angeben können oder angeben hätten, sondern weil sich uns dasselbe als ein aus-

1) B. Riemann sagt: Naturwissenschaft ist der Versuch, die Natur durch genaue Begriffe aufzufassen. Gesammelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlaß. Lpz. 1876, S. 489.

nahmsloses aufgedrängt hat. Es handelt sich um keine kausale, sondern um eine reale Notwendigkeit.

Unsere Vorstellungen und Begriffe über das ausnahmslose, notwendige Naturgeschehen hat bisher mehr als förderlich das Beispiel des Planetensystems mit seinem ewigen Kreislauf beherrscht. Passender scheinen Beispiele, in denen ein in endlicher Zeit ablaufender natürlicher Vorgang in Betracht kommt z. B. das Ablaufen einer Uhr, das Hinunterrollen einer Lawine u. dgl.

Der Ablauf alles Naturgeschehens ist an und für sich ein notwendiger, darum brauchen aber die Tatsachen, welche den Anfang eines solchen Ablaufs einleiten oder auslösen, noch keine notwendigen zu sein. Ein solcher natürlicher Ablauf setzt in einer Gleichgewichtslage ein und endet mit einer solchen. Den Vorgang, durch welchen ein solcher natürlicher Ablauf eingeleitet wird, bezeichnet man mit dem Namen Auslösung. Durch Auslösungen kann auch in den Ablauf des notwendigen Naturgeschehens eingegriffen werden und die Richtung des natürlichen Ablaufs modifiziert werden — das tut z. B. der Arzt bei Krankheitsfällen.

Die Notwendigkeit des Naturgeschehens schließt die Betätigung der Freiheit des menschlichen Willens nicht aus. Die Freiheit des menschlichen Willens macht sich die Kenntnis des Mechanismus des notwendigen Naturgeschehens zu Nutze und äußert sich darin, die Bedingungen zu schaffen, unter denen Auslösungsvorgänge herbeigeführt werden, um bestimmte Zwecke zu erreichen. Wohl können auch außerhalb des menschlichen Willens Auslösungsvorgänge eingeleitet werden. So können auch Zufälligkeiten, Trivialitäten Gründe, d. h. Ursachen abgeben. Grund und Zufall stehen sich einander logisch nicht kontradiktorisch, sondern nur konträr gegenüber.

Wie in so vielen Dingen hat die Klarstellung dieser Verhältnisse ein erkenntnistheoretisch unfruchtbarer Monismus verzögert, der aus der Notwendigkeit des Naturgeschehens

die Notwendigkeit alles Geschehens machte. Es ist Aufgabe einer allgemeinen Wissenschaftslehre, die Interessensphären der einzelnen Wissenschaften gegeneinander abzugrenzen, ohne sie auszuschließen oder kontradiktorisch einander gegenüberzustellen.

*Begriff der Kraft.* — Im Anschluß an das vorstehend Auseinandergesetzte wird es sich empfehlen, einige Bemerkungen über die Terminologie Kraft, Ursache und Wirkung hinzuzufügen. Für die physikalische Terminologie ist die geschichtliche Entwicklung der Wissenschaft maßgebend gewesen, vor allem die Tatsache, daß von Newton bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts die physikalischen Fortschritte und Erfolge in erster Linie auf dem Gebiete der momentanen Wirkungsäußerungen lagen.

So wurde denn auch die physikalische Bezeichnung Kraft zunächst von der Galilei-Newton'schen Physik im Sinne von momentaner Wirkungsäußerung gebraucht. Wirkung (bewegende Kraft) wurde die Abweichung vom Galilei'schen Trägheitsgesetze genannt, und insofern es gelang, die Größe dieser Wirkung in Beziehung mit der Konfiguration (Abhängigkeit von der Entfernung) zu setzen, sprach man von Kraft schlechtweg.

Gleichzeitig spielte aber in den Naturwissenschaften die Bezeichnung Kraft im Sinne von Wirkungsfähigkeit (Summe aller möglichen Wirkungsäußerungen) eine Rolle, eine Bezeichnung, die auch in der Physik zum Durchbruch kam, als der Satz von der Erhaltung der Kraft von der Medizin aus (Mayer, Helmholtz) in die Physik eingeführt wurde. Es läßt sich nicht leugnen, daß diese letztere Bezeichnung dem Geiste der Sprache näher kommt.

Die weitere Entwicklung in der Physik war die, daß der Satz von der Erhaltung der Kraft nicht ohne weiteres Anerkennung fand, und als er sie fand, zog man es vor, der Eindeutigkeit der Bezeichnung zu Liebe die Bezeichnung



Kraft im Sinne der Newton'schen Physik beizubehalten und die Bezeichnung Kraft im Sinne des Satzes von der Erhaltung der Kraft durch die Bezeichnung Energie zu ersetzen. Ob diese Verfügung über die Bezeichnung Kraft zweckmäßig war, muß heute um so mehr als zweifelhaft angesehen werden, als sich die Tendenz bemerkbar macht, die Bezeichnung Kraft überhaupt ganz aus der Physik zu entfernen. Es haften dem Wort zu viele Nebenbedeutungen an.

*Begriffe der Ursache und Wirkung.* — Entsprechend dieser Doppeldeutung des Kraftbegriffs haben wir die Vieldeutigkeit der Begriffe Ursache und Wirkung hervorzuheben. Die Galilei-Newton'sche Physik hat in ihrer weiteren Entwicklung — sehr gegen den Willen ihrer Urheber — die Anschauung von den Kräften als den Ursachen der Wirkungen unterstützt, hat die Ursache gleich der Kraft gesetzt, (gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen), und in den Kräften mehr ein über den Erscheinungen schwebendes, als ein in den Erscheinungen und Vorgängen liegendes Etwas gesehen. Dem gegenüber steht die energetische Auffassung.

Die Worte Ursache und Wirkung braucht Mayer sehr konsequent im Sinne ineinander übergehender Energieformen, also einer Aufeinanderfolge von Energieformen; dementsprechend finden sich auch im Sachregister der Gesamtausgabe der Mayer'schen Schriften von J. Weyrauch unter dem Stichworte „Ursache und Wirkung“ zahlreiche Hinweise. In seinem Aufsätze über Auslösung bemerkt Mayer ausdrücklich, daß man in ganz anderem Sinne bei der Auslösung auch von Ursache und Wirkung zu sprechen pflegt.

Helmholtz braucht die Worte Ursache und Wirkung sehr verschieden, in der Mehrzahl der Fälle im Sinne der vermeintlichen Galilei-Newton'schen Physik, dann aber auch im Sinne ineinander übergehender Energieformen, nie im Sinne von Auslösungsenergie. Helmholtz hat offenbar

keinen allzu großen Wert darauf gelegt, sich nach dieser Richtung konsequent zu präzisieren, und demgemäß fehlt in den Sachregistern seiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ das Stichwort Ursache.

Im Sinne der Energetik werden wir überall, wo wir volkstümlich von Ursache und Wirkung sprechen, mehrere Energieformen vor uns sehen, die durch einen Auslösungsvorgang, der auch als energetische Größe zu fassen ist, ineinander übergeführt werden. Die Anschauung, daß ein Vorgang, ein Ereignis als Wirkung, als Folge gefaßt auch immer nur eine Ursache habe oder auch nur haben könne, ist ein Irrtum.

Innerhalb des notwendigen Ablaufs alles Naturgeschehens hat der Begriff Ursache überhaupt keine Stelle, ihm kann eine Stelle nur für die Auslösungsvorgänge angewiesen werden, welche jenen notwendigen Ablauf des Naturgeschehens einleiteten. Geht man aber auf diese Auslösungsvorgänge am Anfang des Ablaufs zurück, dann zeigt sich, daß die vermeintliche eine Ursache etwas sehr Zusammengesetztes ist, ein Komplex von Ursachen. Im einfachsten Falle können wir zwischen einer inneren und einer äußeren Ursache, einem innerem Grunde und einer äußeren Veranlassung unterscheiden; die innere Ursache, der innere Grund liegt in dem System, innerhalb dessen der Ablauf sich abspielt; die äußere Ursache, die äußere Veranlassung liegt außerhalb des Systems, zu dem sie in einer gegebenen Zeit in Beziehung tritt.

Sprechen wir von Ursachen nur in Beziehung zu einem Tatbestande, so denken wir uns tatsächlich den anderen Tatbestand stillschweigend hinzu, ohne daß wir ihn namentlich aufführen. Die einen nennen dann Ursache die ursprüngliche Energieform, welche in dem Auslösungsvorgang verwandelt wird (insbesondere gilt das von potentiellen Energieformen); die anderen nennen Ursache den in der Regel kleinen Betrag der Auslösungsenergie, das entspricht im allgemeinen den volkstümlichen Vorstellungen, an welche

auch die Sprache begrifflich anzuknüpfen pflegt (kleine Ursachen, große Wirkungen).

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

*Berechtigter und unberechtigter Anthropomorphismus.* — Im Anschluß an diese Untersuchungen werfen wir noch einmal die Frage nach den Anthropomorphismus innerhalb der Wissenschaft auf, mit der wir begonnen, mit der wir zum Teil dem Begriffe der Subjektivität der Erkenntnis als berechtigt einführen. Das Ergebnis, wie es sich nunmehr uns darstellt, mag sein Überraschendes haben: Die Berechtigung des Anthropomorphismus innerhalb der Wissenschaft kann überall da anerkannt werden, wo die Erkenntnis sich seiner vollbewußt ist, wo — mit Thomson zu reden — den Sinnen als den Eingangspforten der Erkenntnis ihre Stellung zuerkannt wird. Die Berechtigung des Anthropomorphismus innerhalb der Wissenschaft hört auf, wenn mit Begriffen und Vorstellungen operiert wird, die nachweislich ihre Quelle und ihren Ursprung in menschlichen Verhältnissen haben, die aber durch die Macht der Gewohnheit über diese Verhältnisse erhoben und daher ihnen entrückt erscheinen. Zu diesen Begriffen und Vorstellungen gehört der Begriff der Kausalität. Die Fragen nach dem Verhältnis der Notwendigkeit des Denkens zur Notwendigkeit des Naturgeschehens und der Versuch ihrer Beantwortung erscheinen hier in hohem Grade geeignet, klärend wirken zu können.

---

## VIERTER UND FÜNFTER VORTRAG.

### Induktion und Deduktion.

#### I.

*Präliminare Erörterungen der Denkformen der Induktion, Deduktion und ihres Verhältnisses.* Der Verlauf der Vorträge wird im Grunde genommen weiter darin bestehen, daß wir nicht etwa die einmal aufgeworfenen Fragen verlassen; wir werden im Gegenteil durch eine vertiefte Ausarbeitung in gewissen Richtungen immer wieder darauf zurückkommen. Es wird sich darum handeln, die ungezwungensten Träger der subjektiven und objektiven Denkweise in des Wortes bester Bedeutung aufzudecken, wie sie teilweise ohne Beziehung auf den Dualismus von Subjekt und Objekt betrachtet zu werden pflegen, wie sie aber tatsächlich ihren Ursprung darin haben.

Von diesem Standpunkte werden wir in diesen Vorträgen an erster Stelle die allgemeinen erkenntnistheoretischen Formen der Induktion und Deduktion zu besprechen haben. Anschauungen über Wert und Unwert der induktiven Methoden sind in gebildeten Kreisen allenthalben vorhanden, aber doch wohl nur zu häufig einer Klärung und Läuterung bedürftig.

Die Worte „Induktion“ und „Deduktion“, „Induzieren“ und „Deduzieren“ kommen aus dem Lateinischen. Induzieren heißt hineinführen, hinaufführen. Deduzieren heißt hinabführen. Die Vorstellung liegt zugrunde, daß man einmal, beim Induzieren den Strom hinaufgeht, um seine Quelle zu finden, daß man das andere Mal, beim Deduzieren mit der Quelle anfängt, um dann den Strom hinunter zu gehen.

Das ist nur ein Bild, welches einen ersten Anhaltspunkt geben soll, wie die beiden Begriffe Induktion und Deduktion zu fassen sind. Die tiefere Bedeutung dieser Begriffe kann sich natürlich nur allmählich im Verlaufe der Auseinandersetzungen erschließen. Zunächst sind dazu vielleicht folgende Ausführungen geeignet, bei denen wir in kurzen Strichen, der Deutlichkeit wegen lieber etwas zu scharf als zu verschwommen, diese bekannten Formen der Deduktion und Induktion zeichnen, um eine vorläufige Grundlage zu gewinnen.

Die Deduktion ist der Schluß von dem Allgemeinen auf das Besondere, die Induktion der Schluß von dem Besonderen auf das Allgemeine. Die Deduktion setzt eine gesicherte Grundlage voraus, von der aus geschlossen werden kann, die Induktion enthält sich zunächst einer bestimmten Grundanschauung, sie will dieselbe erst finden. Wenn der Deduktion eine solche gesicherte Grundlage fehlt, dann kann der folgerichtigste, sauberste Schluß eine unsichere Grundlage um kein Haar breit sicherer machen. Wenn die Induktion auch bereits einer ziemlich sicheren Grundanschauung auf der Spur ist, so wird sie doch jeden Augenblick der Möglichkeit einer Berichtigung gewärtig sein, die Möglichkeit eines Irrtums nicht ausschließen. Die Deduktion ist im ganzen einer Belehrung nicht sehr zugänglich, sie appelliert an die Logik und an weiter nichts. Die Induktion will immer Neues hinzulernen, sie appelliert natürlich auch an die Logik, aber sie rüttelt auch beständig an den Grundanschauungen, zu denen sie hinleitet, dieselben immer weiter berichtend und von den Schlacken des Irrtums befreiend. Die Deduktion ist leicht Vorurteilen ausgesetzt, sie bewegt sich befangen in ihren Grundanschauungen; die Induktion ist frei von Vorurteilen, sie steht unbefangen allen Grundanschauungen gegenüber.

Dem menschlichen Geiste scheint die Deduktion näher zu liegen, wie die Induktion; die Geschichte der Wissenschaften

lehrt es; die späte Entwicklung der Naturwissenschaften spricht dafür. Die alten Naturphilosophen spekulierten durchaus deduktiv über die Natur, die Grundprinzipien schienen ihnen festzustehen, davon gingen sie aus. Ihre Grundsätze waren in der Regel höchst zweifelhafter Art: Feuer, Wasser, Luft und Erde spielen als Elemente eine Rolle, ebenso wird das Oben von dem Unten als wesentlich unterschieden, das Relative gilt teilweise als Absolutes. Die einfachsten Experimente als Belehrungsmaterial wurden verschmäht.

Der Gang der Entwicklung hat gelehrt, daß gerade die Aufstellung der Grundprinzipien das Schwierige ist; sie ist eines der Ziele der Forschung. Grundprinzipien können den Ausgang der Forschung bilden, dürfen aber nicht ausschließlich diese Rolle spielen. Zur Aufdeckung und Aufstellung der Grundprinzipien führt ein sehr mühsamer Weg, der in echt sokratischer Weise seine Kenntnis lieber für ungenügend als für genügend annimmt, in einer so charakterisierten Unkenntnis bei der Natur Belehrung sucht, die Natur beständig fragt, und danach seine Anschauungen bildet.

Solch eine einseitige Überschätzung der Deduktion, wie sie sich bei den alten Naturphilosophen findet, ohne gleichzeitige weise Berücksichtigung der Induktion, möchte ich zu den Kinderkrankheiten des geistigen Lebens des Menschengeschlechts rechnen. Es mag in der Tat sein, daß die Naturwissenschaften in erster Linie den Kampf der Induktion gegen die einseitig übertriebene Deduktion aufgenommen und siegreich durchgeführt haben. Sie haben es in hervorragendem Grade um die Mitte des 19. Jahrhunderts getan, und den dadurch bedingten Geistesströmungen hat sich kaum ein Gebiet menschlichen Wissens entziehen können. Aber denken wir daran, daß es noch nicht allzu lange her ist, daß die Identitätsphilosophie eines Hegel überwunden ward. Das muß uns auf die Möglichkeit vorbereiten, daß Rückfälle in die Kinderkrankheit auch in Zu-

kunft nicht ausgeschlossen erscheinen. Eben darum darf eine eingehende Behandlung der erkenntnistheoretischen Denkformen der Induktion und Deduktion und ihrer Beziehungen zueinander zu keiner Zeit überflüssig erscheinen.

Wenn ich mich anschicke, den erkenntnistheoretischen Wert der Induktion zu vergegenwärtigen, so liegt es mir durchaus fern, den Wert einer folgerichtigen Deduktion in irgendeiner Weise herabzusetzen. Aber das glaube ich im Verkehr mit Menschen wahrgenommen zu haben: Deduzieren tut jeder, und kann es auch tun mit einer gewissen Stärke und Vorliebe. Die Schwierigkeit besteht aber gerade darin, den Punkt zu finden, an dem unsere Deduktion in jedem Falle einzusetzen hat. Darin, diesen Punkt zu finden, liegt ein induktives Moment. Meine Auseinandersetzung kann und soll auf das rechte Verhältnis von Deduktion und Induktion gerichtet sein.

*Erkenntnistheorie — nicht Logik das Mittel den Fortschritt der Wissenschaft zu studieren.* — Die Lehre vom richtigen Schließen, also die Lehre von den Deduktionen wird seit Aristoteles, der diese Lehre bereits zu einem gewissen Abschluß gebracht hat, allgemein als Logik bezeichnet. Später ist diese Bezeichnung von J. St. Mill auch auf die Lehre von den Induktionen ausgedehnt und in diesem Sinne von deduktiver und induktiver Logik gesprochen worden. Die Bezeichnung „induktive Logik“ hat sich aber nicht recht eingebürgert — und das wohl mit Recht, die Bezeichnung „Erkenntnistheorie“ ist gebräuchlicher. So können wir zwischen Logik und Erkenntnistheorie unterscheiden.

Es verhält sich mit der Logik in gewisser Beziehung ähnlich, wie mit der Grammatik der Muttersprache. Ebenso wie wir, ohne Grammatik zu treiben, die Muttersprache handhaben und zwar instinktmäßig nach unserem Sprachgefühl, wenn es sein muß auch nach ästhetischen Rück-

sichten, so können wir auch unbewußt, ohne die Grundsätze der Logik zu kennen, ganz richtig schließen.

Ich möchte mich auf den Standpunkt stellen, daß die praktische Handhabung der Logik ebenso allgemein sei, wie die praktische Handhabung der Muttersprache, daß man mit anderen Worten der Regeln, welche die Logik als die Kunst richtig zu schließen aufstellt, ebensowenig bedarf, um wirklich richtig zu schließen, wie man der Grammatik bedarf, um seine Muttersprache richtig zu handhaben. Logik und Grammatik ist das Spätere; die Kunst richtig zu schließen und richtig zu sprechen das Ursprüngliche. Einer, der vor jedem Schluß sich erst der logischen Grundsätze erinnern müßte, die er eventuell anzuwenden hätte, wird niemals ein großer Denker werden; ebenso wie einer, der bei jedem Worte sich erst der Regeln der Grammatik erinnern müßte, niemals ein großer Redner oder Schriftsteller werden wird. Logik und Grammatik sind etwas sehr Interessantes und Lehrreiches, aber sie sind es erst auf Grund eines gegebenen Stoffes, aus dem man die Regeln abstrahieren kann.

Descartes wirft einmal<sup>1)</sup> die Frage auf, welche Gabe unter den Menschen am gerechtesten verteilt sei, und er antwortet darauf: der Verstand; denn, fügt er erläuternd hinzu, jeder hält den auf ihn gerade gefallenen Anteil für völlig ausreichend, ja er fühlt sich verletzt, wenn diese Tatsache von einem seiner Mitmenschen in Zweifel gezogen wird. Ich möchte diese Äußerung durchaus nicht für scherzhaft halten, wofür man sie auf den ersten Blick vielleicht halten möchte. Es gibt wirklich nur eine Logik, und sie wird von jedem Menschen — bewußt oder unbewußt — ganz richtig gehandhabt. Es ist nichts unzutreffender und es verriet nichts mehr den niedrigen Standpunkt einer Diskussion, als wenn sich streitende Teile gegenseitig Mangel an Logik

1) Am Anfang seiner „Abhandlung über die Methode, richtig zu denken und die Wahrheit in den Wissenschaften zu suchen.“



vorwerfen. Logik will nun einmal jeder sozusagen gepachtet haben, und er hat auch darin ganz recht, aber er hat nicht recht, wenn er diese Voraussetzung, welche er für sich in Anspruch nimmt, bei dem Gegner als nicht vorhanden oder vielleicht weniger ausgebildet in Ansatz bringt.

Wir können die besten Logiker sein, ohne deshalb auch nur einen Schritt in unserer Erkenntnis vorwärts zu kommen, und eben vielleicht gerade weil wir so gute Logiker sein wollen, hindert uns dies in unserer Erkenntnis Fortschritte zu machen. Die Schwierigkeit einer Erkenntnis liegt gar nicht in der Schwierigkeit richtig zu schließen, sie liegt vielmehr in der Art und Weise, das wirklich geeignete Material herbeizuschaffen und zu sichten, liegt in der Handhabung des spröden Materials, an dem sich unsere gepriesene, so gerecht unter den Menschen verteilte Logik zu betätigen hat. In dieser Hinsicht weisen Urteile von Forschern ersten Ranges den besten Weg.

So sagt Liebig<sup>1)</sup> in einer im Jahre 1865 über Induktion und Deduktion gehaltenen Rede: „In der Wissenschaft sowohl als im gewöhnlichen Leben vollziehen sich die Geistesoperationen nicht nach den Regeln der Logik, sondern die Vorstellung von einer Wahrheit, die Ansicht von einem Vorgange oder der Ursache einer Erscheinung geht in der Regel der Beweisführung voraus; man kommt nicht zu dem Schlußsatze durch die Vordersätze, sondern der Schlußsatz geht vorher, und die Prämissen werden dann erst als Be-  
weise aufgesucht.“

„In einer Unterhaltung über den Anteil, den die Einbildungskraft an den wissenschaftlichen Arbeiten hat, mit einem der berühmtesten französischen Mathematiker, äußerte er die Ansicht, daß bei weitem die Mehrzahl der mathematischen Wahrheiten nicht durch Deduktion, sondern durch Einbildungskraft oder auf empirischem Wege erworben worden

1) Justus von Liebig: Reden und Abhandlungen. Leipzig und Heidelberg 1874 S. 307 ff.

sei, und er rechnete hierzu selbst die Eigenschaften der Dreiecke, der Ellipse usw., was nichts anderes sagen will, als daß der Mathematiker so wenig als der Naturforscher ohne künstlerische Begabung für reine Wissenschaft etwas leisten kann.“

„Zur deduktiven sowohl als zur induktiven Forschung gehört selbstverständlich, wenn sie Erfolg haben sollen, ein gewisser Umfang von Kenntnissen; bei dem deduktiven Forscher die gründliche Kenntnis der bereits ermittelten Gesetze, zu der ihm Vorlesungen und Bücher verhelfen; bei dem induktiven Forscher die weit reichende Bekanntschaft mit sinnlichen Erscheinungen, die er in chemischen, physikalischen und physiologischen Laboratorien erwirbt.“

„Verstand und Phantasie sind für unser Wissen gleich notwendig und in der Wissenschaft gleich berechtigt; sie haben beide einen bestimmten Anteil an allen Problemen der Physik und Chemie, der Medizin, Nationalökonomie, Geschichte und Sprachwissenschaft, und nehmen jede einen gewissen Raum in ihrem Gebiete ein; der Teil derselben, den die Einbildungskraft beherrscht, ist in eben dem Verhältnisse weiter und umfangreicher, je unbestimmter und undeutlicher das positive Wissen ist, mit welchem der Verstand es umgrenzt; der Fortschritt besteht darin, daß mit der Zunahme an Kenntnissen die Vorstellungen schwinden, die aus der Einbildungskraft entsprungen sind, und während in den ersten Perioden der Wissenschaft die Phantasie die volle Herrschaft hat, unterordnet sie sich später dem Verstande und wird dessen hilfreiche und willige Dienerin.“

Ich erinnere weiter an den Rückblick von Helmholtz <sup>1)</sup> auf die Lösung eigener Probleme: „Der Stolz, den ich über das Endresultat in diesen Fällen hätte empfinden können, wurde beträchtlich herabgesetzt dadurch, daß ich wohl

1) Ansprachen und Reden bei der Helmholtzfeier 1891. Berlin 1892. S. 54.

wußte, wie mir die Lösung solcher Probleme fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen, durch eine Reihe glücklicher Einfälle nach mancherlei Irrfahrten gelungen war. Ich mußte mich vergleichen einem Bergsteiger, der ohne den Weg zu kennen, langsam und mühsam hinaufklimmt, oft umkehren muß, weil er nicht weiter kann, bald durch Überlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich, wenn er sein Ziel erreicht, zu seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte herauffahren können, wenn er gescheidt genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden. In meinen Abhandlungen habe ich natürlich den Leser dann nicht von meinen Irrfahrten unterhalten, sondern ihm nur den gebahnten Weg beschrieben, auf dem er jetzt ohne Mühe die Höhe erreichen mag.“

Ganz ähnlich drückt sich W. Siemens in seinen Lebenserinnerungen aus: „Die nächstliegenden Erfindungen von prinzipieller Bedeutung werden in der Regel am spätesten und auf den größten Umwegen gemacht.“

Die naturwissenschaftliche Arbeit geht wie alle wissenschaftliche Arbeit, ähnlich wie die Arbeit an einem Kunstwerke vor sich. Ohne daß zunächst bestimmte Regeln vorliegen, wird dasselbe geschaffen. Das Genie schafft unmitttelbar, intuitiv, halb unbewußt auf Grund einer inneren Anschauung. Nachher kommt der Kritiker und sucht den Werken des Genius gewisse Gesetze und Regeln abzuhuschen, nach denen das Werk zustande gekommen ist.

So verfuhr ein Lessing den Werken bildender und dramatischer Kunst gegenüber, so wollen auch wir den Werken der Naturwissenschaft gegenüber verfahren. Was der Kunstkritiker im Verhältnis zur Kunst ist, das soll unsere Erkenntnistheorie im Verhältnis zur Naturwissenschaft sein. Wir wollen den Versuch machen, naturwissenschaftlichen Entdeckungen in der Richtung nachzuspüren, um gewisse

Anhaltspunkte zu gewinnen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnis zustande kommt. Wir tun es in der Überzeugung, daß solche Untersuchungen dem allgemeinen Geistesleben nur zugute kommen können, und wir werden den Versuch machen, wenn wir einen gewissen erkenntnistheoretischen Boden auf Grund naturwissenschaftlicher Betrachtungen gefunden haben, Beziehungen unserer gewonnenen erkenntnistheoretischen Grundsätze zum Geistesleben der Gegenwart aufzudecken.

2.

*Aufsteigende Induktion von Kopernikus und Kepler zu Newton und seinem Gravitationsgesetze.* Unseren Grundsätzen getreu, daß erkenntnistheoretische Untersuchungen ihre fruchtbare Wurzel nur in dem Studium der geschichtlichen Entwicklung der Wissenschaft finden können, wollen wir uns zunächst die tatsächliche Rolle, welche Induktion und Deduktion in der Geschichte gespielt haben, an einigen Beispielen vergegenwärtigen.

Eines der großartigsten Beispiele, welches die Naturwissenschaften für den befruchtenden Charakter der gegenseitigen Durchdringung von Induktion und Deduktion aufzuweisen haben, ist die Erforschung der Planetenbewegung und ihre Krönung durch das Newtonsche Gesetz. Wir haben teilweise schon zu anderen Zwecken: zur Charakteristik gewisser Anschauungs-, Denk- und Darstellungsformen im ersten Vortrage darauf Bezug genommen. Es ist nicht das Problem eines Menschenalters, um das es sich handelt, es ist das Problem von Jahrhunderten, ja Jahrtausenden, und man kann auch heute noch nicht sagen, daß es völlig abgeschlossen vorliegt. Ein näheres Eingehen darauf kann erkenntnistheoretisch nur lehrreich sein:

Ich brauche wohl nur zu erinnern an den geozentrischen Standpunkt der älteren Weltsysteme<sup>1)</sup>, an den heliozentri-

1) Das System des Tycho de Brahe ist bekanntlich jüngeren

schen Standpunkt des Kopernikus. Ich will den Fortschritt, der in dem Wechsel des Standpunktes liegt, nicht unterschätzen; mich dünkt nur, daß er bisweilen vielleicht überschätzt wurde. Wo es sich zunächst doch nur um Aufstellung von Regeln handelt, nach denen die Planetenbewegung vor sich gehen soll, ist erkenntnistheoretisch auf die Relativität aller Bewegung im Raume hinzuweisen, welche an sich dem geozentrischen Standpunkte gleiche Berechtigung wie dem heliozentrischen Standpunkte gewährt. Eine einfache mathematische Gleichung gestattet den Übergang von einem Standpunkte zum anderen. Handelt es sich nur um Aufstellung von Regeln, so ist es mehr ein ästhetisches Moment: das der Einfachheit der Beschreibung, welches den Ausschlag für den heliozentrischen Standpunkt gibt. Aber gewiß, das Kopernikanische Weltsystem ist eine erste näherungsweise richtige Induktion, aus astronomischen Beobachtungen abgeleitet, dazu bestimmt, deduktiv gewisse Beobachtungen im voraus zu veranlassen, um die Richtigkeit der Regel zu prüfen, um dann wieder induktiv vielleicht eine zweite stärkere Näherung als Regel in Ansatz zu bringen.

Diesen zweiten induktiven Schritt hat Kepler getan mit der Aufstellung der nach ihm benannten drei Gesetze — in Wahrheit wieder Regeln in dem vorher genommenen Sinn: 1) Die Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne, welche sich in einem ihrer Brennpunkte befindet. 2) Der Radiusvektor von der Sonne nach den einzelnen Planeten bestreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. 3) Die Quadrate der Umlaufzeiten verhalten sich für alle Planeten wie die Kuben der großen Achsen.

Es kann hier zunächst immer nur von Regeln gesprochen werden, noch stehen wir fremd diesen Regeln gegenüber, noch ist uns ein tieferer Einblick in den Bewegungs-

---

Datums, als das des Kopernikus; das zeigt, daß die Chronologie nicht immer der Wertmesser für die Entwicklung ist.

mechanismus versagt; erst wo ein solcher vorliegt, kann von einem Gesetze gesprochen werden.

Einen solchen Einblick hilft Galilei's Satz von der Trägheit der Materie vermitteln; nach ihm bewegt sich jeder Körper, wenn keine äußere Einwirkung stattfindet, in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit; weicht er davon ab, dann muß eine äußere Veranlassung dazu vorliegen, dann muß von einer äußeren Einwirkung gesprochen werden. Wir messen die Wirkung geradezu durch diese Abweichung.

Es war Newton, der unter diesem Gesichtspunkte die Planetenbewegung anschaute. Nach Galilei's Trägheitsprinzip müßten die Planeten, sich selbst überlassen, sich dauernd von der Sonne entfernen — in der Tangente von Kepler's Ellipsen; tun sie es nicht, dann muß eine äußere Einwirkung stattfinden. Newton's induktive große Tat bestand darin, diese Einwirkung direkt proportional den Massen der Sonne und des Planeten und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung beider in Ansatz zu bringen, ohne dabei irgendwelche Vermutungen auszusprechen, wie solche Einwirkung zu stande käme, wie sie denkbar wäre.

Aber nun handelte es sich, die Berechtigung dieser Induktion nachzuweisen, und dazu war der deduktive Weg einzuschlagen. Zunächst waren die Kepler'schen Regeln aus Newton's Ansatz abzuleiten; dabei sollte sich zeigen, daß Newton's induktiver Schritt den Kepler'schen Regeln gegenüber eine weitere Näherung an die Wirklichkeit erhielt. Die Quadrate der Umlaufzeiten verhielten sich nicht ganz genau für alle Planeten wie die Kuben der großen Achsen; das Zahlenverhältnis für den Kubus der großen Achse zum Quadrat der Umlaufzeit war nicht, wie man jetzt die dritte Kepler'sche Regel deuten konnte, der Sonnenmasse proportional, sondern der Summe der Massen von Sonne und Planet, nur insofern die Masse der Planeten als klein, beziehungsweise als sehr klein gegenüber der Sonnen-

masse in Betracht kommt, konnte die dritte Kepler'sche Regel immerhin als eine der Wirklichkeit entsprechende große Näherung angesehen werden.

Es würde zu weit führen, wollte ich jetzt der zahllosen Deduktionen auf andere Vorgänge im Universum gedenken, durch welche schon Newton selbst seinen so glücklichen Ansatz zu dem Range eines Naturgesetzes emporhob. Es waren zahllose, astronomisch schon lange bekannte Erscheinungen, deren Rätsel mit einem Schlage schwanden, die alle deduktiv aus Newton's Gesetz einheitlich folgten.

Aber wenigstens nicht ganz mit Stillschweigen übergehen möchte ich die Forschungen, welche an den Namen Leverrier knüpfen: Es ist klar, gilt das Newton'sche Gesetz, dann werden auch die Planeten aufeinander Wirkungen ausüben, und dadurch Abweichungen von den Kepler'schen Ellipsen hervorrufen. Umgekehrt, liegen solche Abweichungen vor, so wird man sie auf fremde, vielleicht unbekannte Einwirkungen zurückführen. Für die Uranusbahn lagen solche Abweichungen vor, und es kann wohl als bekannt vorausgesetzt werden, wie daraus Leverrier auf die Existenz eines neuen Planeten schloß, des Neptun, den dann Galle auch wirklich nicht weit von der berechneten Stelle fand. Aber es ist vielleicht schon dem Gedächtnis entschwunden, daß Leverrier in seinen späteren Jahren in gleicher Weise aus den Abweichungen des Merkur auf die Existenz eines weiteren inneren Planeten schloß, für den er dann einen Durchgang vor der Sonnenscheibe berechnete, bei dem sich der neue Planet als kleiner dunkler Punkt von der hellen Sonnenscheibe hätte abheben müssen.

Hatte die erste Deduktion zu einem glänzenden Siege menschlicher Geisteskraft geführt, bei der zweiten Deduktion blieb der Erfolg aus. Ob der dunkle Punkt, als welcher der unbekannte Planet auf heller Sonnenscheibe erscheinen sollte, vielleicht zu klein, ob das Newton'sche Gesetz vielleicht noch nicht die letzte Näherung an die Wirklichkeit bedente,

wer weiß es heute? Es war von neuem damit darauf hingewiesen, daß die wissenschaftliche Naturbetrachtung zu allen Zeiten der induktiven Erkenntnismethode nicht entbehren kann, daß alle Deduktionen, wenn sie auch bereits zu Triumphen geführt haben, nur ein Mittel sein sollen, das induktive Erkenntniselement von neuem anzuregen und zu befruchten.

*Aufsteigende Induktion von der Überzeugung der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile zur Aufstellung des Prinzips der Energie.* — Nicht minder lehrreich als Beispiel für die so förderliche Wechselwirkung von Induktion und Deduktion ist die gleichfalls zu anderen Zwecken bereits im ersten Vortrage berührte Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der Kraft — des Prinzips der Energie. Man ist bisweilen heute geneigt, den Satz sozusagen als etwas Selbstverständliches zu betrachten, ihn z. B. auf gleiche Stufe mit dem Satze von der Erhaltung der Masse zu stellen; um so notwendiger wird es sein, noch einmal daran zu erinnern, wie erheblich die allgemeine Anerkennung des Satzes unter den Physikern der Zeit nachhinkte, in der vollkommen klar und nicht mißverständlich das Gesetz bereits von Mayer, Joule und Helmholtz formuliert war.

Für die Geschichte der Induktion und ihre Methode besonders wertvoll wird auch stets die Vorgeschichte des Prinzips der Energie bleiben — ich meine besonders den Teil, der an die erfolglosen Bemühungen der Vorstellung eines sogenannten „*perpetuum mobile*“ knüpft. Diese Bezeichnung stellt einen sogenannten *terminus technicus* dar, der als solcher verstanden sein will: Es ist nicht darunter zu verstehen, wozu die wörtliche Übersetzung verleiten möchte, die Idee eines beständigen Bewegungsmechanismus — den sehen wir ja in der Bewegung der Planeten um die Sonne, in der Rotation der Erde verwirklicht, den setzen wir ja sogar im Galilei'schen Trägheitsgesetze voraus. Unter einem



*perpetuum mobile* verstehen wir vielmehr eine Maschine, welche — wenn möglich — wenig Arbeit in viel Arbeit umsetzt und auf diesem Wege, wie man sagen kann, ins Unbegrenzte Arbeit aus „Nichts“ schaffen würde.

Die tatsächlichen Bemühungen solche mechanischen Vorrichtungen zu schaffen, gehen sehr weit zurück, und es waren keineswegs die schlechtesten Köpfe, welche sich an ihrer Lösung versuchten.<sup>1)</sup> Die induktive Konzeption diesen erfolglosen Bemühungen gegenüber, ein *perpetuum mobile* zu erfinden, bestand nun zunächst in dem Aufkommen des Gedankens, daß die Herstellung eines solchen *perpetuum mobile*, als mit den Naturgesetzen im Widerspruch stehend, eine Unmöglichkeit sei. In dieser Weise können wir bereits die im Jahre 1775 gefaßte Erklärung der Pariser Akademie: „*Le mouvement perpétuel est absolument impossible*“ den vielen angeblichen Erfindungen eines *perpetuum mobile* gegenüber als einen Vorläufer des Prinzips der Energie, als eine vorläufige Postulierung des Prinzips der Energie auffassen.

Für unsere erkenntnistheoretischen Studien über die Form der Induktion entnehmen wir aus diesem Teile der Geschichte des Prinzips der Energie den Gesichtspunkt, daß es nicht immer Momente mit positivem Inhalte zu sein brauchen, welche schließlich dazu führen, induktiv den Versuch zu machen, einen Satz als Naturgesetz zu proklamieren, daß im Gegenteil auch negative Forschungsergebnisse induktiv ihre Verwertung finden können.

*Aufsteigende Induktion von der Emissionstheorie zur Undulationstheorie, insbesondere zur elektromagnetischen Theorie des Lichtes.* — Die Beispiele für das Verhältnis von Induktion und Deduktion, die ich bisher aufgeführt, betrafen die Auf-

1) Vgl. auch Helmholtz: Vorträge und Reden. Braunschweig 1884, Bd. I, S. 26 u. 333. Über die Wechselwirkungen der Naturkräfte (1854). Über das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaft (1869).

deckung von Naturgesetzen. Es war das Newton'sche Gravitationsgesetz und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, welche wir als Krönung einer induktiven Erkenntnisgeschichte ansahen. Ich füge jetzt ein weiteres Beispiel hinzu, welches zeigt, wie der induktive Entwicklungsgang der Naturwissenschaft nicht bloß zu Naturgesetzen, sondern auch zu grundlegenden Anschauungen und Vorstellungen über die Natur von Erscheinungsklassen führt: Ich will vor Augen führen, welchen Gang die Geschichte der Physik durchgemacht hat, bis sie zu klaren Vorstellungen über Natur und Wesen des Lichtes kam. Es kommt mir hier nicht darauf an, Beispiele zu häufen: Meine Aufgabe soll die sein, an der Hand von Beispielen zugleich die allgemeinen Betrachtungen und Präzisierungen vorzubereiten, mit denen ich diesen Abschnitt schließen will, die Betrachtungen über Voraussetzung und Folge, Gesetz und Hypothese, Analogie und Sprache.

Es werden eine Reihe von Lichterscheinungen bekannt sein: Die scheinbar augenblickliche Fortpflanzung der Lichtstrahlen, die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten, hervorgerufen durch schattenwerfende Körper. Nachdem erkannt war, daß das Licht sich mit einer sehr großen, aber doch immer noch endlichen Geschwindigkeit ausbreitet, mit der Geschwindigkeit von 42000 Meilen im Weltraume, lag in Verbindung mit der Tatsache der geradlinigen Begrenzung von Licht und Schatten die Vorstellung nahe, das Licht auch als einen Bewegungszustand zu fassen, etwa derart, daß das Licht sich von dem leuchtenden Körper geschoßartig ausbreitet, daß die Lichtbewegung in nichts anderem bestände, als darin, daß gewisse kleine Partikelchen von dem leuchtenden Körper mit der Lichtgeschwindigkeit ausgestoßen würden. Das war die Emanations- oder Emissionsvorstellung des großen Newton vor 200 Jahren.

Gleichzeitig wurde aber von dem großen holländischen Physiker Huygens eine andere Vorstellung von der Natur

des Lichtes entwickelt: die Wellenvorstellung. Wie von einem Steine, den wir in einen Teich werfen, kreisförmige Wellenbewegungen, an der Oberfläche des Teiches ausgehen, so gehen von einem leuchtenden Körper kugelförmige Wellenbewegungen, nach allen Dimensionen des Raumes sich ausbreitend, aus, etwa ebenso wie von einer Schallquelle z. B. einer abgefeuerten Kanone oder einer tönenden Glocke nach allen Seiten im Raum Schallwellen sich ausbreiten. Aber den Schall hört man noch um die Ecke einer festen Mauer; er wird gebeugt, ein Schallschatten existiert nicht: das scheint der Wellenvorstellung des Lichts eine Schwierigkeit zu bereiten, diese Schwierigkeit verschwindet jedoch, wenn wir uns die Wellenlängen des Lichtes sehr klein gegenüber den Wellenlängen des Schalls vorstellen. In der Tat, die grobsinnliche Beugung der Schallwellen beruht darauf, daß die Schallwellen lang sind; um die Beugung des Lichtes beobachten zu können, dazu gehören verfeinerte Beobachtungsbedingungen.

Wir sehen, wie bis zu einem gewissen Grade beide Vorstellungen, die von Newton und die von Huygens, gleich geeignet sind, von den bekanntesten Erscheinungen des Lichtes Rechenschaft abzulegen; sie erscheinen bis zu einem gewissen Grade, aber auch nur bis zu einem gewissen Grade, gleich berechtigt. Es ist ein durchaus induktiver Weg, auf dem man zur Aufstellung dieser Vorstellungen, und ich kann gleich hinzufügen dieser übersinnlichen Vorstellungen gekommen ist. Den Ausgangspunkt der Induktion bildeten gewisse Erscheinungsklassen, welche solche Vorstellungen nahelegten. Die weitere Ausarbeitung dieser Vorstellungen war auch noch wesentlich induktiver Art, bei der für die Wellenvorstellung des Lichtes das Reich der Töne willkommene Anhaltspunkte bot. Wie nach Höhe und Tiefe die Töne sich tatsächlich durch nichts anderes als durch die Häufigkeit der Schwingungen — sagen wir in einer Sekunde — unterscheiden, so sollten die Farben des Lichtes

sich ebenso durch nichts anderes, als durch die Häufigkeit der Schwingungen unterscheiden; das blaue Licht sollte etwa in einer Sekunde mehr Schwingungen ausführen wie das rote Licht.

Bei der Ausbildung der Vorstellung über die Natur des Lichtes steht so Induktion gegen Induktion, und es hat auch in dieser Weise in der Geschichte der Wissenschaft so die Induktion Newton's gegen die Induktion von Huygens gestanden. Aber welche Induktion war die richtige? Nun das war nicht allein Sache des Denkens, sondern vor allem Sache des Seins. Es war weiter Aufgabe der Wissenschaft deduktiv alle Folgerungen aus diesen Grundvorstellungen zu ziehen. Die eine Theorie war dabei genau ebenso folgerichtig wie die andere, die eine ebenso logisch berechtigt, wie die andere. Entscheidung konnten nur Tatsachen bringen, nicht Gedanken, und diese Tatsachen haben die Entscheidung in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zugunsten der Wellenvorstellung von Huygens, also gegen Newton gebracht.

Aber damit war das induktive Element in der weiteren Erforschung der Natur des Lichtes noch nicht beseitigt, es mußte weiter fortwirken. Die fortschreitende Erkenntnis hatte die Lichtschwingungen als Querschwingungen, als Transversalschwingungen ergeben. Solche Querschwingungen kannte man früher nur im Innern fester Körper, das waren elastische Schwingungen; so bildete man sich naturgemäß die Vorstellung, daß das Licht in elastischen Schwingungen bestände. Man hat in den letzten Jahrzehnten solche Querschwingungen auch als Eigenart elektrischer Schwingungen erkannt. Das war eine der großen Taten unseres leider zu früh verstorbenen Landsmannes Hertz, solche elektrische Querschwingungen experimentell hergestellt zu haben. Ist die Natur des Lichtes — das war wieder eine lediglich durch Induktion gegebene Fragestellung — elastischer oder elektrischer Art? Wieder stand Induktion gegen Induktion,

wieder war die elastische Lichttheorie genau ebenso folgerichtig wie die elektromagnetische Lichttheorie Maxwell's, wieder die eine logisch ebenso berechtigt wie die andere. Wieder konnten nur Tatsachen Entscheidung bringen, Beobachtungen, und nicht Gedanken, und diese Tatsachen haben in den letzten Jahren die Entscheidung zugunsten der elektrischen Anschauung von der Natur des Lichtes gebracht.<sup>1)</sup>

Wenn wir heute einen Rückblick werfen: unsere gegenwärtigen Anschauungen von der Natur des Lichtes sind der Abschluß einer zweihundertjährigen Entwicklungsgeschichte menschlicher Wissenschaft und menschlicher Forschung, bei der Induktion und Deduktion sich auf das Innigste durchdrungen haben, bei der man aber die Rolle, welche insbesondere die Induktion gespielt hat, niemals wird unterschätzen dürfen. Wir haben uns auch heute nicht die Vorstellung zu bilden, daß nun die Induktion ihre Rolle in den Forschungen von dem Wesen und den Eigenschaften des Lichtes ausgespielt hat. Es wird sich auch heute noch immer darum handeln, die Vorstellung weiter und feiner auszuarbeiten. Die Induktion weist da verschiedene Wege — ganz ebenso wie die Rolle der Induktion noch nicht beendet war, als die Wellenbewegung des Lichtes als solche erkannt war.

*Auferstehung der Newton'schen Emissionstheorie für die radioaktiven Erscheinungen der Gegenwart.* — Ich würde mich am Ende dieser Darstellung über die Entwicklung der Vorstellungen über die Natur und das Wesen des Lichtes einer sehr wertvollen Veranschaulichung des induktiven Denkens

1) Eine eingehendere Übersicht über die induktive Entwicklung der Optik findet man gleichfalls in populärer Form bei W. Voigt: Über Arbeitshypothesen — Rede — Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Geschäftliche Mitteilungen. 1905, Heft 2.

begeben, wollte ich nicht darauf hinweisen, wie die Emanations- oder Emissions-Vorstellung des großen Newton — zu anderen Zwecken, nämlich zur Theorie des Lichtes ersonnen — heute in ihrer Anwendung auf die modernen radioaktiven Erscheinungen ihre Auferstehung gefeiert hat. Es wird das um so wichtiger sein darzutun, als man sich nach Überwindung der Newton'schen optischen Vorstellungen daran gewöhnt hatte, auf die innere Unwahrscheinlichkeit hinzuweisen, daß Teilchen mit so enormen Geschwindigkeiten, wie es die Lichtgeschwindigkeiten sind, projektilartig ausgeschleudert den Raum durchdrängen. In den radioaktiven Erscheinungen finden wir tatsächlich die Ideen auf einem anderen Gebiete verwirklicht, welche der große Newton für die Erscheinungen des Lichtes konzipiert hatte. Die Gesundheit des induktiven Gedankens und damit die Größe des Genius hätte heute nach zweihundert Jahren kaum eine schönere Veranschaulichung finden können.

## 3.

*Voraussetzung und Folge in der Mathematik.* — Die gewählten Beispiele werden als erster Anhalt für unsere Anschauung genügen, um an sie allgemeinere Betrachtungen zu knüpfen; sie sind alle der Physik entlehnt. Es gibt keine naturwissenschaftliche Disziplin, welche so geeignet ist, das wahre Verhältnis von Induktion und Deduktion und ihre Durchdringung zur Anschauung zu bringen, wie die Physik. Das liegt daran, daß die Physik mit ihren Größen und Größenverhältnissen einer mathematischen Behandlung fähig ist. Die Klarheit der logischen Beziehungen von Voraussetzung und Folge, welche in der Mathematik so offen zutage liegen, überträgt sich dadurch auf die Physik. Auf die Auseinandersetzung dieser Beziehungen von Voraussetzung und Folge wird es also in erster Linie ankommen, wenn es sich darum handeln soll, das Erkenntnis-

mäßige Verhältnis von Induktion und Deduktion näher zu studieren.

Da habe ich mit einigen Bemerkungen über Mathematik zu beginnen. Ich kann und will mich hier natürlich nicht auf den Standpunkt stellen, daß ich irgend welche mathematischen Kenntnisse voraussetze; ich kann nur an Anschauungen, die bekannt sind, anknüpfen. Nehmen wir den anschaulichsten Teil der Mathematik, die Geometrie, und davon wieder den anschaulichsten Teil: die Geometrie der Ebene. Wenn ich gewisse Figuren an die ebene Tafel zeichne, Dreiecke, Vierecke, Kreise, so ist es Aufgabe der Geometrie, sich mit den allgemeinen Eigenschaften solcher Figuren zu beschäftigen, beziehungsweise solche abzuleiten.

Die Geometrie geht von einigen ganz allgemein zugegebenen Tatsachen aus und muß davon ausgehen, ohne daß diese Tatsachen sich beweisen ließen. Jeder Beweis, jede Folgerung setzt etwas voraus, aus dem bewiesen, aus dem gefolgert wird. Geht man bei allen geometrischen Beweisen immer zurück auf das, was vorausgesetzt ist, dann kommt man schließlich auf eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Sätzen, welche sich nicht weiter aufeinander zurückführen lassen. Diese wenigen Sätze, die den ganzen Grundstock der Geometrie bilden, sind höchst einfacher Art; sie sind derartig, daß Jeder mann, auch der Unkundigste, ihre Richtigkeit von vornherein zugestehen wird. Solche Sätze sind: Zwischen zwei Punkten läßt sich nur eine gerade Linie ziehen; zu einer geraden Linie läßt sich durch einen Punkt außerhalb nur eine Parallele ziehen, d. i. eine Linie, welche die andere, wie weit man sie auch verlängern möchte, nicht schneidet. Solche Sätze heißen Axiome und Postulate der Geometrie.<sup>1)</sup>

1) Wegen der Wortfrage Axiom und Postulat in der Geometrie finden sich einige historische Bemerkungen in dem Buch: R. Bonola und H. Liebmann: Die nichteuclidische Geometrie. Lpz. 1908, S. 19—23.

Es ist durchaus nicht leicht, die Fundamente der Geometrie, welche zum Bau der Wissenschaft notwendig und ausreichend sind, herauszuschälen.

Im besonderen handelt es sich im Anschluß an D. Hilbert<sup>1)</sup> um die Aufgabe: „Für die Geometrie ein einfaches und vollständiges System von einander unabhängigen Axiomen aufzustellen, und aus denselben die wichtigsten geometrischen Sätze in der Weise abzuleiten, daß dabei die Bedeutung der verschiedenen Axiomgruppen und die Tragweite der aus den einzelnen Axiomen zu ziehenden Folgerungen möglichst klar zutage tritt.“ Die Schwierigkeit liegt hier vielleicht gerade darin, daß der Stoff uns allzu bekannt ist; wären die ersten ableitbaren Sätze der Geometrie uns weniger bekannt und weniger geläufig, dann würde die erkenntnistheoretische Schwierigkeit wahrscheinlich eine geringere sein. Es ist wesentlich mit ein Stück induktiver Arbeit, diese Axiome, diese Grundpfeiler zu finden, auf denen das ganze Gebäude der Geometrie ruht. Hat man sie, so ist die Geometrie wie überhaupt die Mathematik wissenschaftlich betrachtet der stolzeste und festeste Bau, den man sich denken kann. Deduktiv reiht sich Satz an Satz, auf das engste aneinander gefügt — lückenlos.

Die Tatsache, daß ein so fester Bau auf so wenig Voraussetzungen aufgeführt werden kann, wie die Geometrie, hat schon von jeher die Aufmerksamkeit aller Erkenntnistheoretiker gefesselt. Wie ist reine Mathematik möglich? Das war die Fragestellung, mit der ein Kant an die Untersuchung der einschlägigen Fragen ging. Und dies hat mit zur Folge gehabt, daß diese Fragen Erkenntnistheoretiker immer hervorragend interessierten; diese Fragen konnten um so eher interessieren, als jeder Philosoph doch

1) D. Hilbert: Grundlagen der Geometrie. Lpz. 1899. 3. Auflage. Lpz. 1909. O. Hölder: Anschauung und Denken in der Geometrie. Lpz. 1900.



wenigstens etwas von den Anfangsgründen der Geometrie wußte.

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

*Voraussetzung und Folge in der Naturwissenschaft im Vergleich zur Mathematik.* — Aber nun hat der naturwissenschaftlich durchgebildete Kant noch eine andere Frage aufgeworfen: Wie ist reine Naturwissenschaft möglich? Dieser Frage haben sich Erkenntnistheoretiker einfach aus dem Grunde weniger zugewandt, weil sie mit Ausnahme ganz weniger Forscher naturwissenschaftlich nicht durchgebildet genug waren. Ich betrachte es mit als eine meiner Aufgaben, in diesen Vorträgen für die Beantwortung dieser Frage zu interessieren, und zu veranschaulichen, wie ungleich reicher der erkenntnistheoretische Gewinn ist, welcher sich an die Beantwortung dieser zweiten Kant'schen Frage knüpft.

Das logische Verhältnis von Voraussetzung und Folge, welches in der reinen Mathematik eine so eminente, durchsichtige Rolle spielt, es ist dasselbe, welches auch in der Physik eine solche einnimmt. Aber das ist nun das erkenntnistheoretisch Bemerkenswerte: Während in der Mathematik die Hauptschwierigkeit darin besteht, innerhalb eines außerordentlich bekannten und geläufigen Materials durch eine Art Induktion Fundamente zu finden, herauszuschälen, die ihrem Inhalt nach gleichfalls sehr bekannt und geläufig sind, haben wir es z. B. in der Physik mit weniger bekanntem und geläufigem Material zu tun; wir müssen es uns durch Beobachtung oder Experiment erst schaffen, und innerhalb dieses so mühsam gesammelten Materials ist es dann unsere weitere Aufgabe, den Tatsachen induktiv nachzuspüren, welche logisch geeignet sind als Voraussetzungen zu dienen, um deduktiv das Material, von dem wir ausgingen, wieder ableiten zu können.

Der Unterschied ist doch folgender: Die Mathematik hat zur Voraussetzung, daß es Denknöthigkeiten, also logische Gesetze in uns gibt; die Physik hat zur Voraussetzung, daß

es Naturnotwendigkeiten, also Naturgesetze außer uns gibt, und daß diese Naturnotwendigkeiten außer uns nirgends in Widerspruch treten mit den Denknотwendigkeiten in uns. Beide Voraussetzungen sind durch die Tatsache der Existenz und des Erfolges der betreffenden Wissenschaften hinlänglich begründet.

Die Mathematik setzt sich ihre Voraussetzungen selbst, auf denen sie ihr logisches Gebäude deduktiv auführt; jede solche Voraussetzung, insofern sie logisch widerspruchsfrei ist, ist auch berechtigt. Die Mathematik konstruiert sich auf diese Weise ihren Inhalt selbst.

Die Physik wird auch gewisser Voraussetzungen bedürfen, wenn sie in deduktiver Form zu den Einzelercheinungen herabsteigen will; diese Voraussetzungen müssen aber nicht nur logisch in sich widerspruchsfrei sein, sie dürfen auch in ihren Folgerungen der Erfahrung nicht widersprechen. Die Physik konstruiert so ihren Inhalt einer äußeren Wirklichkeit nach.

Die Resultate der Mathematik sind reine Denknотwendigkeiten, zunächst ohne Beziehung zur Wirklichkeit, und müssen als solche widerspruchslos hingenommen werden, es kann höchstens ihr Wert bezweifelt werden. Die Resultate der Physik dürfen — ganz streng genommen — nie mehr als einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen, insofern ihre Denkmöglichkeiten immer in Widerspruch mit den Tatsachen der Naturnotwendigkeit treten können.

Insofern die reine Mathematik nicht nach ihren Beziehungen zur Wirklichkeit fragt, ist sie eine im wesentlichen formale Wissenschaft und entbehrt demgemäß des reichen Inhalts, den z. B. die Naturwissenschaften in ihrer Beschäftigung mit der Natur aufweisen. Dem reinen Denken fehlt leicht der Maßstab des Wertes, welcher in dem Inhalt der äußeren Wirklichkeit liegt. Reines Denken, an welches wir einen tieferen, inneren Wertmesser nicht anlegen können, wie er z. B. durch eine äußere Wirklichkeit verbürgt wird, für

welches wir uns vielleicht nur künstlich einen Wertmesser schaffen, ist ein Spiel oder ein Sport — denken wir z. B. an das Schachspiel.

*Rolle der bewußt und unbewußt vorgefaßten Meinungen als Voraussetzungen zur Realisierung einer Induktion.* — Die behufs Vornahme einer Induktion aufzustellenden Voraussetzungen werden zunächst in der Form von vorgefaßten Meinungen auftreten. Solche vorgefaßten Meinungen können bewußt hingestellt werden, sie können unbewußt sich von selbst einschleichen. Mit vollkommenem Bewußtsein ausgesprochene Voraussetzungen können für keine Untersuchung eine Gefahr in sich schließen, die Voraussetzungen sollen ja eben als solche ganz offen zur Diskussion gestellt werden. Was die Forschung allein gefährden kann, sind unbewußt vorgefaßte Meinungen, wie sie der Gebrauch der Sprache z. B. oft außerordentlich nahelegt.

Es wird sich gerade an dieser Stelle empfehlen, statt eigener Ausführungen vollkommen einwandfreie Autoren reden zu lassen. Ich wähle als solche: L. Pasteur, H. Hertz, H. Poincaré.

L. Pasteur sagt<sup>1)</sup>: „Man macht nichts ohne vorgefaßte Ideen, man muß nur die Klugheit haben, an die eigenen Deduktionen nur dann zu glauben, wenn die Erfahrung dieselben bestätigt. Die vorgefaßten Ideen, der strengen Kontrolle des Experimentes unterworfen, sind die belebende Flamme in den Beobachtungswissenschaften. Fixe Ideen hingegen sind eine Gefahr, denn, wie schon ein großer Schriftsteller gesagt hat, es gibt keine größere Verirrung des Geistes, als an gewisse Dinge zu glauben, weil man die Existenz derselben will.“

In diesem Zusammenhang sei auf die Doktorthese von

1) Ich entnehme diese Äußerung einer Stelle der Gedächtnisworte von J. Hann auf Pasteur in dem Almanach der Kaiserl. Akademie der Wissensch. zu Wien 1896, S. 281.

H. Hertz aus dem Jahre 1880 hingewiesen: „Obwohl es verfehlt sein würde, im Verlaufe einer Untersuchung eine vorgefaßte Meinung beständig festzuhalten, so ist doch im Beginne der Untersuchung eine solche vorgefaßte Meinung nicht nur nicht schädlich, sondern sogar notwendig.“

In vollkommener Übereinstimmung damit befinden sich folgende Ausführungen von H. Poincaré<sup>1)</sup>: „Man sagt oft, daß man ohne vorgefaßte Meinung experimentieren soll. Das ist nicht möglich; nicht nur würde dadurch jedes Experiment unfruchtbar gemacht, sondern man würde sich etwas vornehmen, was man nicht ausführen kann. Jeder trägt in sich seine Weltanschauung, von der er sich nicht so leicht loslösen kann. Wir müssen uns z. B. der Sprache bedienen, und unsere Sprache ist von lauter vorgefaßten Meinungen durchdrungen, und es kann nicht anders sein. Es sind unbewußte vorgefaßte Meinungen, die tausendmal gefährlicher als die anderen sind. — Behaupten wir nun, daß wir das Übel nur verschlimmern, wenn wir andere vorgefaßte Meinungen mit vollem Bewußtsein zulassen? Ich glaube es nicht, ich meine vielmehr, daß dieselben sich gegenseitig das Gleichgewicht halten werden, daß sie wie Gegengifte wirken; sie werden sich im allgemeinen schlecht miteinander vertragen; sie werden miteinander in Konflikt geraten und uns dadurch zwingen, die Dinge unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Das ist hinreichend, um uns frei zu machen; man ist kein Sklave mehr, wenn man sich seinen Herren wählen kann.“

4.

*Charakter der durch Induktion gewonnenen Voraussetzungen eines physikalischen Systems.* — Es wird nunmehr klar sein, was man davon zu denken hat, wenn man von voraus-

1) H. Poincaré „Wissenschaft und Hypothese“ deutsch von F. u. L. Lindemann. Leipz. 1904. S. 144 u. 145.

setzungsloser Wissenschaft sprechen hört.<sup>1)</sup> Das gibt es nicht! Jede Wissenschaft wird von Voraussetzungen auszugehen haben, aus denen sie ihren Inhalt zu begreifen sucht. Allerdings wird das Studium dieser Voraussetzungen ein ganz besonders schwieriges und ernstes sein.

Welches sind denn nun die durch Induktion gewonnenen, durch Verknüpfung von Induktion und Deduktion gefertigten Voraussetzungen des logischen Systems, welches die Physik, insbesondere die theoretische Physik mit Hilfe der ihr durch die mathematische Analysis gewährten Mittel aufführt — welchen Charakter tragen sie, — was läßt sich über sie allgemein aussagen?

Wir antworten auf diese Fragen: Die allgemeinsten Voraussetzungen der Physik bilden einmal die sogenannten Axiome oder Postulate — sei es, daß sie Grundbegriffe selbst, sei es, daß sie grundlegende Beziehungen zwischen diesen Grundbegriffen hinstellen und einführen. Die Voraussetzungen der Physik bilden weiter in der Sprache und Ausdrucksweise dieser Axiome und Postulate in ihren Anwendungen auf die speziellen physikalischen Disziplinen, soweit die Bildung abstrakter Begriffe in Frage kommt: die speziellen Naturgesetze — soweit die Bildung konkreter Anschauungen in Frage

---

1) Meine Bemerkungen über voraussetzungslose Wissenschaft in der ersten Auflage dieser Schrift Leipz. 1896, S. 57 unten und folg. waren geschrieben, als Th. Mommsen 1901 den Ausdruck der „Voraussetzungslosigkeit aller wissenschaftlichen Forschung“ prägte. Ich stehe auch heute noch auf dem Standpunkt, daß die Prägung dieses Ausdrucks kein sehr glücklicher Griff war. Man vergleiche auch Reinke: Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901, Vorrede S. XI: „Keine Vorurteile, sondern Voraussetzungen! Vorurteilslose Forschung haben wir anzustreben, voraussetzungslose Forschung ist ein Unding. Jedes Vorurteil ist halb unbewußt, es beruht auf Unklarheit im Denken; eine Voraussetzung wird durch klares Denken im vollen Bewußtsein anerkannt.“

kommt: die speziellen Hypothesen, durch welche wir uns das Wesen und die Natur der betreffenden Klasse von Erscheinungen zu veranschaulichen suchen.

Wir haben mit diesen Worten das Gebiet zu umschreiben versucht, welches wir nun weiter erkenntnismäßig zu erläutern und zu besprechen haben, und wir werden dabei gut tun, uns der Gesichtspunkte zu erinnern, welche den Gegenstand des zweiten und dritten Vortrags bildeten, welche wir an der Spitze der gegenwärtigen Vorträge über Induktion und Deduktion übernommen haben — Gesichtspunkte, wie sie durch das gegeben sind, was wir unter Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis verstanden wissen wollen.

*Axiome, Postulate der Physik.* — Wir beginnen mit den Axiomen und Postulaten der Physik. Wir sprechen von Axiomen und Postulaten insbesondere in den physikalischen Disziplinen, welche wir als grundlegend für das ganze System der Physik betrachten. In der bisherigen Entwicklung der Physik hat geschichtlich die Mechanik diese Rolle gespielt, und so sprechen wir insbesondere von den Axiomen und Postulaten der Mechanik. Wenn für die weitere Entwicklung der Physik die Mechanik aufhören sollte, die bisherige grundlegende Bedeutung für die Physik zu sein, wenn — wozu einige Anhaltspunkte vorliegen — die Elektrodynamik die Rolle übernehmen sollte, welche bisher die Mechanik als grundlegende Disziplin gespielt hat, dann wird es in demselben Sinne notwendig werden, von Axiomen und Postulaten der Elektrodynamik zu sprechen, wie es bisher üblich war, von Axiomen und Postulaten der Mechanik zu sprechen.

Da wir den Standpunkt einnehmen, daß erkenntnistheoretische Grundzüge nur an der Hand geschichtlicher Rückblicke, also auf dem Boden der Erfahrung entwickelt und

veranschaulicht werden dürfen, haben wir hier entsprechend unsere Betrachtungen an die Axiome und Postulate der klassischen Mechanik anzuschließen.

Wir fassen in der Physik inhaltlich die Bezeichnungen Axiom und Postulat als gleichberechtigt und gleichbedeutend auf, bevorzugen die Bezeichnung Axiom, wenn wir der Subjektivität der Erkenntnis und damit der durch Induktion gewonnenen Grundlage des Systems gedenken — bevorzugen die Bezeichnung Postulat, wenn wir uns die Objektivität der Erkenntnis und damit die durch Deduktion gefestigte Grundlage des Systems der Mechanik vergegenwärtigen.

Wir unterscheiden Begriffsaxiome, bzw. Begriffspostulate und Verknüpfungs- oder Bezugsaxiome, bzw. Verknüpfungs- oder Bezugspostulate. Durch die ersten werden grundlegende Begriffe, durch die zweiten grundlegende Verknüpfungen der Grundbegriffe festgelegt.

*Begriffsaxiome, Begriffspostulate der Mechanik.* — Die grundlegenden Begriffe, die Begriffsaxiome, bzw. die Begriffspostulate der klassischen Mechanik sind die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse.

In diesen Begriffsaxiomen, bzw. in diesen Begriffspostulaten stellen wir das Vorhandensein gewisser Begriffe — gegebenen Falls die Vornahme gewisser Begriffsbildungen als notwendig hin; wir halten subjektiv unter Bevorzugung der induktiven Momente der Erkenntnis dafür, daß solche Begriffe, solche Begriffsbildungen sich für das System als notwendig erweisen möchten — wir fordern objektiv unter Bevorzugung der deduktiven Momente der Erkenntnis die Anerkennung der Fundamentalität dieser Begriffe, dieser Begriffsbildungen. Nach der ganzen erkenntnismäßigen Lage der Sache können wir diese grundlegenden Begriffe nicht real definieren, nur präliminar umschreiben. Wir weisen diesen Begriffen aus diesem Grunde zunächst inhaltsleere

Formen an, mit dem Hinweis auf die weitere Darstellung und Entwicklung — mit dem Hinweis, daß die Wirklichkeit und ihr Studium diesen leeren Formen einen beträchtlichen Inhalt geben wird.

*Verknüpfungsaxiome, Verknüpfungspostulate der Mechanik.* — Die grundlegenden Prinzipie, die Verknüpfungsaxiome bzw. die Verknüpfungspostulate der klassischen Mechanik sind Newton's *Axiomata sive Leges motus*: das Trägheitsprinzip, das Aktionsprinzip und das Reaktionsprinzip. Es wird im folgenden Vortrage auf diese Prinzipie in Zusammenhang mit den Grundbegriffen der Mechanik näher eingegangen werden. Hier nur Folgendes:

In den Verknüpfungsaxiomen, Verknüpfungspostulaten stellen wir die Vornahme gewisser Verknüpfungen der Grundbegriffe als notwendig hin; wir halten subjektiv unter Bevorzugung des induktiven Momentes der Erkenntnis dafür, daß das Studium solcher Verknüpfungen, solcher Beziehungen sich für das wissenschaftliche System der Mechanik als fundamental erweisen möchte; wir fordern objektiv unter Bevorzugung der deduktiven Momente der Erkenntnis in jedem einzelnen gegebenen Falle der Wirklichkeit dazu auf: ein Studium der in den „*Axiomata sive Leges motus*“ angegebenen Verknüpfung der Grundbegriffe vorzunehmen.

Durch die Axiome oder Postulate, insbesondere durch die Verknüpfungsaxiome oder Verknüpfungspostulate wird in erster Linie die Grundlage für eine wissenschaftliche Sprache, für eine wissenschaftliche Terminologie eingeleitet, welche sich dann in der Anwendung auf spezielle Erscheinungen und Gebiete mit den ihnen eigenen Begriffen und Anschauungen weiter entfalten kann.

*Naturgesetze und Hypothesen.* — Die Anwendungen der Axiome (Postulate) auf die speziellen Erscheinungen und



Gebiete knüpfen, je nach der Natur dieser Erscheinungen, innerhalb des wissenschaftlichen Systems unserer Erkenntnis an zwei Arten weiterer Voraussetzungen: die einen sind abstrakter, begrifflicher Natur — die anderen konkreter, anschaulicher Natur. Die einen Voraussetzungen sind unsere speziellen Naturgesetze — die anderen Voraussetzungen sind unsere speziellen Hypothesen im engeren Sinne des Wortes.

Beide: Gesetz und Hypothese, dienen als Ausgangspunkt sämtlicher Deduktionen, welche zu einer völligen Übereinstimmung mit der reichen und mannigfaltigen Erscheinungswelt der Natur führen sollen und müssen. Beide Begriffe sind natürlich von fundamentaler Bedeutung, beide Begriffe werde ich zu veranschaulichen haben. Was man darunter allgemein zu verstehen hat, hoffe ich um so leichter verständlich machen zu können, als ich die Beispiele am Anfang dieses Abschnittes schon in Hinblick auf das Folgende gewählt habe: Das Newton'sche Gravitationsgesetz und der Satz von der Erhaltung der Kraft waren Beispiele für Naturgesetze, die Huygens'sche Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes war ein Beispiel für eine Hypothese.

*Das Naturgesetz schafft einen abstrakten Begriff.* — Das Wort Gesetz kommt ja auch sonst im gewöhnlichen Leben vor, und es ist vielleicht ganz gut, hieran zu erinnern. Das Gesetz im gewöhnlichen Leben bedeutet soviel als Gebot, es will unsere Handlungen unseren Mitmenschen gegenüber regeln. Die Freiheit unseres Willens schließt nicht aus, daß wir anders handeln, als es die Gesetze, die Gebote vorschreiben; tun wir das, dann entsteht ein Konflikt, dessen Folgen wir zu tragen haben, und für den wir verantwortlich sind. Anders das Naturgesetz; es bildet den kürzesten und zugleich reichhaltigsten Ausdruck für das, was tatsächlich geschieht, und zwar was ausnahmslos geschieht, was geschehen muß. Die Freiheit unseres Willens findet natur-

gemäß am Naturgesetz ihre Schranke, oder wenn wir tiefer nachdenken, gelangen wir zu der Formulierung: die Freiheit unseres Willens wird naturgemäß im Naturgesetz mit ihre Bestimmung finden müssen. Wer frei, in des Wortes weitester Bedeutung, denkt und handelt, oder noch besser gesagt, denken und handeln will, der wird berücksichtigen müssen, was unabänderlich geschieht, was notwendig geschehen muß; ja für ihn wird die Kenntnis der Naturgesetze unerläßlich sein, damit er nach dem, was unabänderlich, ausnahmslos geschieht, seine Entschließungen und Handlungen einrichten kann.

Das Gesetz ist der kürzeste, allumfassendste Ausdruck für etwas, was innerhalb eines größeren Erscheinungsgebietes geschieht, ja unter allen Umständen geschehen muß. Es ist mehr als eine Regel, spricht man von einer Regel doch nur bei einem gesetzmäßigen Geschehen innerhalb eines kleineren Erscheinungsgebietes — man denke an die Keplerschen Gesetze. Keine Regel ohne Ausnahme, sagt man in bezug auf grammatikalische Regeln, und man wird das bis zu einem gewissen Grade wohl auch von naturwissenschaftlichen Regeln sagen können. Eine Regel will eben nur das ausdrücken, was in der Regel d. h. was in den meisten Fällen eintritt. Der Grund, warum eine naturwissenschaftliche Regel noch spezielle Ausnahmen haben kann, liegt darin, daß der Inhalt der Regel noch einer allgemeineren Fassung fähig ist. Diese denkbar allgemeinste Fassung des Inhalts einer Erscheinungsklasse in einer bestimmten Richtung, derart, daß diese Fassung Allgemeingültigkeit für sich in Anspruch nimmt: das ist der Ausdruck eines Naturgesetzes, das ist der Inhalt eines naturwissenschaftlichen Begriffs. So kommen erkenntnistheoretisch auf dem Boden der Wirklichkeit die wichtigsten Begriffe zu stande. Begriffe wollen eine größere Klasse von Erscheinungen eben begreifen, umfassen — und das tun im höchsten Maße die Naturgesetze.

Die sogenannten Kepler'schen Gesetze sind nur Regeln, das Newton'sche Gravitationsgesetz ist das Gesetz und sein zugehöriger Begriff ist die Gravitation. Bei der Kepler'schen Regel, daß die Planeten in Ellipsen die Sonne umkreisen, erhebt sich die Frage, ob Ellipsen wirklich die einzig mögliche Bahn für Körper sind, welche die Sonne umkreisen; das Newton'sche Gesetz entscheidet die Frage zugunsten der allgemeineren Fassung, daß auch Hyperbeln und Parabeln vorkommen können; es gibt genau an, in welchem Falle das eine, in welchem Falle das andere stattfindet.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ist ein Gesetz; es gilt ausnahmslos, sein Begriff ist der der Energie. In der Tat gestattet dieser Allgemeinbegriff in einer gewissen Richtung die gesamte Physik und Chemie — ja die gesamte Naturwissenschaft zu umfassen. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft wurde vorbereitet durch Regeln, welche speziellere Erscheinungsklassen umfassen wollten, aber dann Ausnahmen zulassen mußten. Solcher Ausnahmen fähig waren die Sätze von der Erhaltung der lebendigen Kraft, von der Erhaltung des Wärmestoffs.

Es ist höchst lehrreich, dieses Verhältnis von Regel und Gesetz zu betrachten. Die Regel begreift noch nicht die Natur, dazu ist sie zu eng, zu speziell; das Begreifen, die Fassung des Begriffs gelingt erst durch Hinzunahme allumfassenderen Materials dem höheren, vielseitigeren Standpunkt. Die Regel hat nur und kann nur einen provisorischen Charakter tragen; mit ihren Ausnahmen trägt sie den Mangel einer Erkenntnis, den Ausdruck einer nur grob mechanischen Erfassung eines gewissen Inhalts an der Stirne. Das Gesetz trägt einen durchaus definitiven Charakter, es bedeutet einen gewissen Abschluß in der Entwicklung des Erkenntnisprozesses.

Ein Gesetz ist ebenso wie eine Regel durchaus induktiv gefunden, sagen wir, zuerst induktiv vermutet, und wird in

den ersten Stadien als versuchsweise Voraussetzung eingeführt. Indem nun diese Voraussetzung deduktiv nach allen Richtungen verwertet wird, und in allen Fällen ausnahmslos zur Übereinstimmung mit der Erfahrung, der Wirklichkeit führt, rückt die Voraussetzung allmählich in den Rang eines Naturgesetzes. Dabei liegt der Gedanke zugrunde, daß eine übergroße Wahrscheinlichkeit sich schließlich von der Wahrheit in nichts unterscheidet. Zur Aufstellung von Naturgesetzen mit allem einschlägigen Material gehören nicht Tage und Wochen, Monate und Jahre, es gehören dazu ganze Generationen, Jahrhunderte. Das bedeutet eine Entwicklung, der man das Zeugnis einer sehr großen Reife nicht wird versagen können. Es handelt sich hier um das Reifen einer Frucht, des Begriffs, wie sie in ihrer Stetigkeit, Langsamkeit und Tiefe (außerhalb der Naturwissenschaft) kaum ihresgleichen hat, jedenfalls nirgends mit einer derartigen Klarheit und Deutlichkeit auch geschichtlich nachgewiesen werden kann. Immer aber ist es lediglich der Erfolg, der als Wertmesser für die Bedeutung und Richtigkeit den Ausschlag gibt.

*Die Hypothese schafft eine übersinnliche Anschauung.* — Was die Naturgesetze für die Ausbildung unserer Begriffe, das sind die Hypothesen für die Ausbildung unserer Anschauungen. Hypothesen<sup>1)</sup> sind Anschauungen, mit

1) Der mit dem Worte „Hypothese“ als terminus technicus verbundene Sprachgebrauch ist ein sehr mannigfaltiger und unbestimmter. Auch in Riemann's Fragmenten philosophischen Inhalts finden sich darüber einige Bemerkungen (S. 493 der gesammelten Werke, Lpz. 1876). Ich habe zuerst 1894 die obige Definition des Ausdrucks in Vorschlag gebracht. Schwierigkeit bereitet einer Annahme dieses Vorschlags vielleicht der Umstand, daß das Wort in einer wissenschaftlich so wichtigen Kultursprache, wie es die französische Sprache ist, eine Bezeichnung des gewöhnlichen Lebens ist. Vielleicht ist in diesem Zusammenhang hier die Bemerkung von Interesse, daß der Titel des berühmten Werkes von H. Poincaré „*La science et L'hypothèse*“ in einem gewissen Gegensatz zu dem seltenen Vor-

denen wir uns über die Ungenauigkeit unserer sinnlichen Anschauung erheben, es sind also übersinnliche Anschauungen. Die Emanationsvorstellung von Newton über die Natur des Lichtes ist in diesem Sinne ebenso eine Hypothese wie die Wellenvorstellung von Huygens. Die Atomtheorie der Chemie ist ebenso eine Hypothese, weil die ganze Molekularwelt jenseits der Grenze der sinnlichen Wahrnehmung liegt.

Es ist nicht gesagt, daß eine Hypothese in dem definierten Sinne des Wortes auch immer Hypothese bleiben wird. Eine Voraussetzung des ganzen deduktiven Gebäudes als zugrunde gelegte Vorstellung wird sie immer bleiben; aber in dem Augenblick, in dem die früher übersinnliche Anschauung und Vorstellung den Sinnen zugänglich gemacht wird, hört sie auf eine Hypothese zu sein und wird eine vollendete Tatsache. So kann man heute sagen, die Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes ist heute keine Hypothese mehr, sie ist heute eine vollendete Tatsache, nachdem es 1889 O. Wiener gelungen ist, Wellenrippen von stehenden Lichtwellenzügen auf sehr dünnen lichtempfindlichen Gelatineblättern photographisch zu fixieren. — Die Grundlage der ganzen Bakteriologie, die Annahme der Existenz von Bakterien war so lange eine Hypothese, als es noch nicht gelungen war, Bakterien in das Gebiet der sinnlichen Wahrnehmung zu bringen.

Nicht immer wird es gelingen, eine Hypothese zur Tatsache zu wandeln. Dazu gehört wohl die atomistische Vorstellung von der Konstitution der Materie; und darum wird erkenntnistheoretisch in dem logischen Verhältnis von Voraussetzung und Folge auch die Hypothese immer ihre Rolle weiter zu spielen haben.

Nun aber ist zwischen Hypothese und Hypothese ein Unterschied. Mit Hypothesen operiert jeder Stümper; der

kommen des Ausdrucks Hypothese in dem Werke steht, wie das Register der deutschen Ausgabe aufweist.

Fehler ist hier der, daß zu jeder Tatsache die Hypothese ad hoc gemacht erscheint, daß die Hypothese wirklich nichts mehr ausdrückt, als einen einzelnen kleinen Tatbestand. Hypothesen dieses Charakters müssen aus der Wissenschaft fern gehalten werden. Hypothesen aufstellen hat nur dann eine Bedeutung, wenn es gelingt, durch solche ganze Gruppen von Erscheinungen einheitlich zusammenzufassen. Nur der wird dazu berufen sein, Hypothesen in die Wissenschaft einzuführen, dem ein reiches Erfahrungsgebiet zur Seite steht, der wirklich eine Fülle von Erscheinungen zu übersehen imstande ist. Für die Wissenschaft wirklich brauchbare Hypothesen aufzustellen, das ist nicht Sache des Jünglings in der Wissenschaft oder gar des Laien, nein, das setzt die größte Mannesreife in der Wissenschaft voraus.

Solche gereifte Hypothesen waren die Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes, die Vorstellung von der atomistischen Konstitution der Materie. Es handelt sich dabei um übersinnliche Vorstellungen, dazu berufen, die Lücken auszufüllen, welche die ausschließlich sinnliche Betrachtung der physikalischen Welt übrig läßt.

*Gesetze und Hypothesen sind unsere naturwissenschaftlichen, induktiv gereiften Ideen.* — An dieser Stelle nehmen wir nunmehr die Betrachtungen des zweiten und dritten Vortrags über das Verhältnis von Ideen und Tatsachen wieder auf. Vornehmlichste Aufgabe der Naturwissenschaften ist es, Tatbestände in ihrer ganzen Reinheit und Nacktheit zur Darstellung zu bringen. Man sollte nicht denken, wie schwer diese Aufgabe zu erreichen ist, so sehr ist der Mensch gewöhnlichen Schlages außerstande, Tatsachen und eigene Vorstellungen fein säuberlich auseinander zu halten. Es gelingt, die Tatsachen in ihrer Reinheit dadurch zu erfassen, daß wir sie als Folgen gewisser Voraussetzungen hinstellen.

Als solche Voraussetzungen, welche das Reich der Erscheinungen und Tatbestände umfassen, begreifen, min-

destens erläutern sollen, haben wir nun unsere Gesetze und Hypothesen hingestellt, die Gesetze appellieren dabei an begriffliche Vorstellungen, die Hypothesen an sinnliche Anschauungen. Somit werden wir jetzt sagen können: Gesetze und Hypothesen sind unsere naturwissenschaftlich induktiv gereiften Ideen.

Aber wie werden diese Ideen gewonnen? Wie wird eine Induktion gewonnen? Bei der Begründung einer naturwissenschaftlichen Disziplin vollzieht das Genie die Induktion, die dann mehr die Form einer Intuition annimmt. Es gehört in der Tat eine Intuition dazu, die Fruchtbarkeit und Tragweite von Voraussetzungen bis zu einem genügenden Grade übersehen zu können. Eine definitive Rechtfertigung können die Voraussetzungen nur in der Übereinstimmung sämtlicher Deduktionen mit den Erscheinungen, also mit der Erfahrung finden.

Es liegt in der Natur des Gegenstandes, daß es sich für uns bei Beantwortung der aufgeworfenen Fragen mehr um Beiträge, nicht um ein vollständiges Material und Werkzeug handeln kann. Ein wesentlicher Führer auf dem Wege der Erkenntnis, der Forschung d. i. der Induktion, ist das Prinzip der Vergleichung und der Kontinuität der Denkgewohnheiten — die Analogie und Sprache.

## 5.

*Prinzip der Vergleichung.* — Das Prinzip der Vergleichung<sup>1)</sup> spielt eine große Rolle innerhalb einer einzelnen Disziplin. — Auf einer je niedrigeren Entwicklungsstufe die Naturwissenschaft stand, um so weniger Vergleichsgegenstände boten sich ihr dar; sie entnahm ihre Bilder, ihre Sprache den Verhältnissen des menschlichen Lebens. Das tat zum großen Teil die Naturwissenschaft des Alter-

1) E. Mach: Über das Prinzip der Vergleichung in der Physik 1894. Populär-wissenschaftliche Vorlesungen, Lpz. 1896. S. 251.

tums. Die menschlichen Verhältnisse erscheinen aber schon ihrer Komplikation wegen wenig geeignet, die Naturwissenschaften zu fördern, findet doch heute fast das Umgekehrte statt, daß naturwissenschaftliche Anschauungen die Verhältnisse des menschlichen Lebens gestalten. Erst in dem Maße, als die Naturwissenschaften sich von den Anschauungen des gewöhnlichen Lebens loslösten, sich selbständig entwickelten, traten die Erscheinungen hervor, denen eine fundamentale Bedeutung zugesprochen werden konnte, und die geeignet waren, für andere weniger bekannte Gebiete einen Vergleichsmaßstab herzugeben.

Ich erinnere, wie förderlich sich in dieser Beziehung die elementaren Erscheinungen der Wasserwellen erwiesen haben: der in das Wasser geworfene Stein mit seinen ringförmig sich ausbreitenden Wellen, es ist ein Bild, wie es zur physikalischen Erziehung ganzer Generationen mit Vorteil benutzt ist und noch immer weiter benutzt werden wird; ein Bild, wie es geeignet ist, die kugelförmige Ausbreitung der Schallwellen, der Lichtwellen, der elektrischen Wellen zu veranschaulichen.

Je reicher und tiefer sich eine Disziplin entwickelt, desto mehr Anregungs- und Anknüpfungs-Elemente gewährt sie für Abstraktion und Anschauung; die Vergleichung ist es eben, welche solche Elemente aufgreift und aufdeckt. Das Prinzip der Vergleichung ist es aber auch, welches in erster Linie Anregungs- und Anknüpfungs-Elemente von einer Disziplin, von einer Wissenschaft übernimmt, um sie auf eine andere Disziplin, auf eine andere Wissenschaft zu übertragen.

*Prinzip der Kontinuität der Denkgewohnheiten.* — Das Prinzip der Kontinuität der Denkgewohnheiten ist es, welches ganz wesentlich die Vornahme und das Zustandekommen von Vergleichen unterstützt. So möchte ich das Prinzip der Kontinuität geradezu als ein notwendiges Postulat jeder Erkenntnistheorie bezeichnen.



In der Tat, es muß als eine Forderung für die Erkenntnis bezeichnet werden, die gewonnene Erkenntnis bis zu einem gewissen Grade festzuhalten und mindestens so hoch zu schätzen, daß man sie nicht jeder neuen sich einstellenden Erscheinung zu Liebe ohne weiteres aufgibt. E. Mach<sup>1)</sup> bemerkt sehr richtig in dieser Beziehung: „Zu große Nachgiebigkeit gegen jede neue Tatsache läßt gar keine feste Denkgewohnheit aufkommen. Zu starre Denkgewohnheiten werden der freien Beobachtung hinderlich. Im Kampfe, im Kompromiß des Urteils mit dem Vorurteil, wenn man so sagen darf, wächst unsere Einsicht.“

Wird irgendwo eine neue bedeutsame wissenschaftliche Konzeption vorgenommen, so lehrt die Entwicklung der Wissenschaft und ihre Geschichte, daß früher oder später Versuche gemacht werden, dieser wissenschaftlichen Konzeption eine weiter greifende Bedeutung und Anwendung zu geben. Ich erinnere an den Einfluß der Aufstellung des Gravitationsgesetzes für die ganze weitere Entwicklung der Physik und darüber hinaus; ich erinnere an den von der Chemie ausgehenden Einfluß der Atomistik auf die Physik; ich erinnere an den Einfluß der Aufstellung des Energieprinzipes für die Entwicklung der Naturwissenschaften.

Es wird sich nicht leugnen lassen, daß die Prinzipie der Vergleichung und der Kontinuität sich in der Geschichte der Naturwissenschaften als erhebliche Elemente der Förderung wissenschaftlicher Erkenntnis aufdecken lassen. Aber je länger Vergleichsmomente andauern, je länger die Kontinuität der Denkgewohnheiten andauert, um so näher rückt der Zeitpunkt heran, in dem sich die bisherige Förderung als erschöpft erweist, in dem das bisherige Element der Förderung indifferent wird oder gar in das Gegenteil umschlägt d. h. ein Element der Hemmung zu werden droht.

1) E. Mach, *Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken*, 1883, wieder abgedruckt in den populärwissenschaftlichen Vorlesungen, 1896, S. 247.

Das erkenntnismäßig durchaus berechnigte Prinzip der Kontinuität der Denkgewohnheiten wird dann — wie es von einigen Autoren wie Ostwald in übertragener Bedeutung des Galilei'schen Trägheitsprinzips bezeichnet wird — das Prinzip der Trägheit der Denkgewohnheiten. Bei Einführung solcher Bezeichnungen wie Trägheit spielt die Zweckmäßigkeit der Terminologie eine besondere Rolle, über welche sich ja natürlich streiten läßt, und darum möchte ich mit meiner Meinung nicht zurückhalten, die Bezeichnung für nicht ganz glücklich zu halten; hat die Bezeichnung Trägheit auf geistiges Gebiet übertragen doch ohnehin einen üblen Beigeschmack, der dem physikalischen Begriff gänzlich fehlt.

Dieser Beigeschmack ist es, der dazu verführen könnte, Neuerungen, die sich vielleicht als unberechtigt ergeben möchten, einen größeren Nachdruck verleihen zu wollen, als es für das Gebiet der Erkenntnis förderlich sein möchte. Denn für die heutigen Naturwissenschaften gilt ebenso wie für die Staatswissenschaften, daß das historisch Gewordene ein sehr bedeutender Faktor ist, der eine größere Ansammlung von Erfahrung enthält, als das Neue für sich in Anspruch nehmen darf, der vor allem zunächst erforscht sein will, und der leichten Kaufs nicht ohne weiteres aufgegeben werden darf. Ich habe besonders bei E. Haeckel die Tendenz empfunden, durch Verwertung der Bezeichnung Trägheit sich die Aufgabe wesentlich zu erleichtern: Auffassungen und Anschauungen als überwunden zu betrachten, welche als unbequem im Wege stehend empfunden werden möchten.

*Physikalische Analogie.* — Das Prinzip der Vergleichung hat von jeher eine besondere Rolle in der Analogie gespielt, englische Forscher haben daraus die speziellen Formen der mechanischen Analogie und des mechanischen Modells entwickelt.

Wir werden den schon in dem ersten Vortrag besprochenen Einfluß des Newton'schen Gravitationsgesetzes unter der Form der Analogie begreifen können. Die Tatsache, daß zwei Himmelskörper in großer Entfernung aufeinander wirken, wie das Newton'sche Gravitationsgesetz solches angibt, stand zu Newton's Zeiten beispiellos da. Die Wirkung von Magnetnadeln aufeinander war ja allerdings bekannt, aber sie war erfahrungsgemäß doch nie für annähernd so große Entfernungen in Betracht gezogen, als solche in der Astronomie vorkommen. So scheint denn auch nachweislich die Tatsache der magnetischen Einwirkung bei der Fassung der Gravitationsanschauung keine Rolle gespielt zu haben.

Eine andere Frage war die, wie man sich diese Tatsache vorzustellen habe, und ob man sich dieselbe überhaupt vorzustellen habe. Newton verzichtete auf eine solche Vorstellung; er sagte „*hypotheses non fingo*“ in bezug hierauf; es genügte ihm, die Existenz der Tatsache der Gravitation erwiesen zu haben. So wunderbar diese Tatsache dem Zeitalter Newton's erschien, sie ließ sich nicht weglegnen, sie war da. Aber in dem Maße, in dem man mit dieser Tatsache rechnete und zu rechnen hatte, in dem Maße schien sie dem menschlichen Geiste vertrauter, in dem Maße wurde sie dem Menschen eine geläufige Anschauung und Vorstellung. Sollte diese Anschauung eine vereinzelte, nur für die Gravitation ad hoc geschaffene bleiben?

Es war hundert Jahre später, als der französische Physiker Coulomb die Wirkungen der Elektrizität und des Magnetismus im Zustand der Ruhe genau unter derselben Anschauung betrachtete, unter der man sich die Newton'sche Gravitationswirkung zu betrachten gewöhnt hatte. Die Gravitation versah hier die Rolle eines Bildes; sie diente als Vergleichung, als Analogie, und dieses Bild, diese Analogie ließ sich bis auf die Form des Gesetzes aufrecht erhalten. Zwei elektrische Mengen, z. B. auf Metallkügelchen

gebracht, wirken danach tatsächlich umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung; die Wirkung ist sonst den elektrischen Mengen proportional.

In dieser Richtung, unter dem Bilde der Newton'schen Gravitation, unter Zugrundelegung der übersinnlichen Vorstellung einer Fernwirkung, hat sich dann bis in das vorige Jahrhundert die Elektrizitätslehre entwickelt. Die Wirkung von elektrischen Strömen auf Magnete, die Wirkung von elektrischen Strömen aufeinander hat man immer versucht in die Form der Newton'schen Gravitationswirkung hinein zu zwängen. Bis zu einem gewissen Grade ließ sich das Bild aufrecht erhalten, aber die aufgestellten Elementargesetze wurden doch immer verwickelter, wunderbarer und damit unwahrscheinlicher. F. Neumann's Entdeckung, nach der die Wirkung geschlossener Ströme ein viel einfacheres Gesetz befolge, als die Wirkung von Stromelementen, konnte als das erste Anzeichen dafür gelten, daß man sich vielleicht schon zu lange von dem Newton'schen Bilde der Gravitation hatte leiten lassen, wengleich Neumann diese Analogie noch nicht aufgeben wollte.

Es wurden durch Forschungen, welche an die Namen Faraday und Maxwell knüpfen, andere Werkzeuge geschaffen, den elektrischen Erscheinungen näher zu treten, und damit wurden neue Anregungen und Vorstellungen eröffnet, von denen man hoffen konnte, daß sie nun ihrerseits wieder Bilder und Sprache für die Forschung abgeben möchten. In diesem Sinne sagt Maxwell 1): „Unter einer physikalischen Analogie verstehe ich jene teilweise Ähnlichkeit zwischen den Gesetzen eines Erscheinungsgebietes mit denen eines anderen, welche bewirkt, daß jedes das andere illustriert.“

*Mechanische Analogie.* — In der Zeit, in der die Forschung Maxwell's Einfluß gewann, überwog noch die Überzeugung

1) J. Clerk Maxwell: On Faraday's Lines of Force 1856. Scientific Papers. Vol. I p. 156. Ostwald's Klassiker Nr. 69 S. 4.

von der grundlegenden Bedeutung der Mechanik für die Physik. Dieser Überzeugung kam die Tatsache zur Hilfe, daß die Mechanik die mathematisch und physikalisch durchgebildete naturwissenschaftliche Disziplin war. Das wird der Gesichtspunkt gewesen sein, von dem aus Maxwell den Begriff der mechanischen Analogie einführt und dieser Form der Analogie eine Rolle in der Physik anwies, die von einer Reihe von Forschern anerkannt und zum Gegenstand weiterer Untersuchungen gemacht wurde; ich nenne hier nur die Namen: W. Thomson, Helmholtz, Boltzmann.

Diese Forschungsrichtung hatte das Ergebnis zur Folge, daß Prinzipien und Sätze der Mechanik Anschauungsformen der physikalischen Forschung wurden, unter welchen sich größere Gruppen scheinbar ganz heterogener physikalischer Erscheinungen vereinigen ließen. Dies Ergebnis war um so bemerkenswerter, als sich Sätze und Begriffe der Mechanik zunächst als Rechnungsergebnisse ergeben, als solche sich also einer unmittelbaren Anschauung entzogen hatten.

Jede Anschauung knüpft an ein gegebenes Organ, mit dem man anschauen kann. Der äußeren Anschauung durch unsere Sinne steht eine innere Anschauung durch unseren Geist gegenüber. Das Organ zu dieser inneren Anschauung liegt nicht immer offen vor, in vielen Fällen muß es sich unser Geist erst, so zu sagen, schaffen; darin liegt mit die Fähigkeit der Begriffsbildung. Ebenso, wie für die äußere Anschauung die Sinne eine Verschärfung durch Instrumente und Werkzeuge zulassen, so bildet für die innere Anschauung eine solche Verschärfung die Analogie, im besonderen Fall die Analogie der Mechanik.

Die für die Geschichte der Menschheit verhältnismäßig späte Entwicklung der Physik ist dadurch bedingt, daß das Organ fehlte, durch welches der Mechanismus der Natur wahrgenommen werden kann, die Mechanik. Newton hat

noch die Hauptresultate seiner Entdeckungen synthetisch, also anschaulich demonstriert, wengleich er sie wohl analytisch gefunden hatte; aber Ende des 18. Jahrhunderts gewann insbesondere in Lagrange's Händen die Analyse, also die Rechnung, die unbestrittene Herrschaft, die Anschauung schien damit zurückgedrängt; nicht allein, daß die Analyse Resultate zeigte, es war für die Anschauung schwer, oft unmöglich, diesen Resultaten zu folgen. Aber doch läßt sich die Sehnsucht nach unmittelbarer Anschauung nicht zurückdrängen.

Die in Frage stehende Richtung der Forschung kommt dieser Sehnsucht in gewissem Sinne entgegen. Wenn wir auch auf dem Wege der Analyse das Streben nach Anschauung zurückdrängen müssen, so vermittelt die Analyse doch gewisse Stufen der Erkenntnis, von denen aus die Anschauung von neuem einsetzen kann. Die Berechtigung dieses Versuches ist durch den Erfolg zur Genüge erwiesen. Von diesem Standpunkt bekommt die Auffassung, daß die Mechanik als Organ für die Naturwissenschaften, insbesondere für die Physik aufzufassen ist, eine vertiefte Bedeutung.

*Mitwirkung mechanischer Analogien bei Aufstellung des Energieprinzips.* — Wenn die Bezeichnung „mechanische Analogie“ wohl auch erst von Maxwell geschaffen, so ist sie doch als induktives Organ der Forschung schon früher verwertet. So läßt sich noch heute nachweisen, daß der Satz von der lebendigen Kraft aus der Mechanik bei der Aufstellung des Prinzips der Energie eine Rolle gespielt hat, insbesondere in den Überlegungen, von denen sich Helmholtz bei der Abfassung seiner Schrift: „Über die Erhaltung der Kraft“ leiten ließ.

Der Satz von der lebendigen Kraft in der Mechanik besagt, daß die Änderung der lebendigen Kraft eines Systems der auf das System geleisteten Arbeit entspricht. Beim freien Fall eines Körpers leistet die Schwere auf diesen

Körper eine Arbeit, in demselben Maße nimmt die lebendige Kraft dieses Körpers zu.

Existieren äußere und innere Kräfte, dann setzt sich die auf das System geleistete Arbeit aus der Arbeit der äußeren und inneren Kräfte zusammen, dann erreicht die lebendige Kraft denselben Wert, so oft die Konfiguration des Systems dieselbe wird: es gilt der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Dies alles in Übereinstimmung mit der Erfahrung, so lange keine Erscheinungen auftreten, die über das Gebiet der Mechanik hinübergreifen.

Nun gibt es aber Bewegungserscheinungen, bei denen infolge von Reibung und von äußerem Widerstand lebendige Kraft verloren geht, und es zeigt sich, daß in solchen Fällen andere physikalische Erscheinungen auftreten, z. B. Wärmeentwicklungen. Haben wir nun diese als ein Äquivalent für den Verlust von lebendiger Kraft aufzufassen? Das ist die Frage, welche die Analogie mit dem Satze von der Erhaltung der lebendigen Kraft nahelegt, und welche diesem zunächst doch rein mechanischen Satze eine weit über die Mechanik hinausgehende Bedeutung beilegt.

Die Erfahrung kann allein über die Gültigkeit solcher Spekulationen entscheiden. Trifft die Analogie zu, dann muß zur Entwicklung derselben Wärmemenge immer dieselbe Arbeitsgröße nötig sein. Genaue zu diesem Zwecke unter den verschiedensten Bedingungen angestellte Messungen von Joule bestätigten diese Auffassung. Eine mechanische Arbeit von 427 Kilogramm-Metern ist danach einer Wärmemenge äquivalent, welche ein Kilogramm Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $1^{\circ}$  Celsius erwärmt.

Es entstand die weitere Frage, ob es noch andere Größen als Wärmemengen gäbe, welche einer mechanischen Arbeit äquivalent gesetzt werden können. Das Auftreten elektrischer und magnetischer Kräfte, die Konfiguration materieller Systeme, die mit Kräften behaftet sind, konnte so aufgefaßt werden. Eine zweckmäßige Terminologie half die

Verwertung der Analogie mit dem Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft noch erheblich fördern. Es bildete sich die Lehre von der Energie heraus: Die Energie ist nichts anderes als Arbeitsfähigkeit; sie nimmt verschiedene Formen an, welche ineinander verwandelbar sind.

Die Aufstellung des Prinzips der Energie hat sich in der Tat formell an den Satz von der lebendigen Kraft aus der Mechanik gelehnt; die Analogie übernahm die Rolle des Führers in der Forschung, der Beweis mußte der Beobachtung, also der Erfahrung entnommen werden.

*Übergang der Vorstellung der mechanischen Analogie zur mechanischen Identität.* — Der vorsichtigen, zurückhaltenden Forschung, welche die Analogie oder die Benutzung mechanischer Prinzipie und Sätze als Organ zur Anschauung verwertet, steht die kühnere Forschung gegenüber, welche nicht bei der Analogie stehen bleibt, sondern bis zur Identifizierung physikalischer Erscheinungen mit mechanischen fortschreitet.

Die Mehrzahl der naturwissenschaftlich interessierten Laien wird diesem Standpunkt der Identifizierung ein viel größeres Verständnis entgegenbringen, als dem Standpunkt der Analogie, und es ist dies auch nicht weiter wunderbar. Wo der Forscher unter Umständen der Anschauung ganz entsagt oder sich von einer verfeinerten, vergeistigten Anschauung leiten läßt, wie sie die Analogie nahelegt, da strebt der Laie nach grobsinnlicher Anschauung, der für ihn einzig zugänglich erscheinenden Quelle eines gewissen Verständnisses.

Der physikalische Forscher ist eher geneigt der grobsinnlichen Anschauung zu entsagen, als es sich der Philosoph vielleicht vorstellen mag. Arbeitet man für einen einzelnen Fall die Vorstellung detailliert aus, so hat das wenig Wert und Bedeutung, und es kann nicht weiter wunderbar sein, für die Erscheinung dann diejenigen Eigenschaften ab-



leiten zu können, welche man im wesentlichen schon in die grobsinnliche Vorstellung hineingelegt hatte. Soll aber die sinnliche Vorstellung eine größere Klasse von Erscheinungen umfassen, dann läuft man um so mehr Gefahr, zunächst abliegende, aber doch hingehörige Punkte der Wirklichkeit nicht zu treffen, je spezieller man die grobsinnliche Vorstellung ausmalt. Es wird hieraus verständlich sein, warum die wahrhaft exakte Forschung so gern mit der Ausarbeitung einer Vorstellung zurückhält.

Der Ausgangspunkt der Forschung, welche physikalische Erscheinungen mit mechanischen direkt identifiziert, ist der Gedanke, daß, wenn die Form zweier Erscheinungen als gleich befunden wird, wohl auch wissenschaftlich der Versuch lohnt, die Erscheinungen selbst gleich zu setzen. Die Mechanik bildet nach dieser Anschauung nicht nur das Organ für die mechanische Naturauffassung, für die Physik; diese ist vielmehr Mechanik selbst. Da die sichtbare Bewegung der ponderablen Materie für diese Anschauung nicht beansprucht werden kann, wird für sie die unsichtbare Bewegung der ponderablen Materie, die Bewegung der kleinsten Teile herangezogen.

Auf das vorhin behandelte Beispiel angewandt: Die Analogie der Äquivalenz von Wärme und Arbeit mit dem Satz von der lebendigen Kraft legte die Anschauung nahe, daß Wärme nichts anderes als lebendige Kraft der kleinsten Teile sei — eine ziemlich populär gewordene Anschauung — populär schon darum, weil sie an eine andere vorhandene populäre Anschauung anknüpfen konnte, die Anschauung von der atomistischen Konstitution der Materie.

*Mechanische Modelle. Mechanical illustration.* — Eine besondere Form hat die mechanische Analogie in der Hand englischer Forscher durch Herstellung sogenannter mechanischer Modelle gewonnen. Bei Maxwell kommt in dieser Bedeutung wohl zuerst die Bezeichnung „*mechani-*

cal illustration“ vor. Dieses Mittel, die Vorstellungskraft zu bilden und zu pflegen, findet sich besonders in den Schriften von W. Thomson, in Deutschland haben Boltzmann und Ebert sich in der Richtung zu betätigen versucht, elektrische Vorgänge mechanisch zu illustrieren.

Es ist nicht ohne Interesse, die Beurteilung dieser Betätigung des spezifisch englischen Geistes seitens französischer und deutscher Autoren zu vergleichen, und ich unterziehe mich dieser Aufgabe bereits in Hinblick und Vorbereitung auf die gleich weiter unten aufzuwerfende Frage nach einer Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung des französischen und englischen Geistes. Die Autoren, auf welche ich hier Bezug nehme, sind für Frankreich: P. Duhem — für Deutschland: W. Voigt.

In einem bemerkenswerten Werke von Duhem<sup>1)</sup> findet man sehr drastische Bemerkungen über die Betätigung W. Thomson's in dieser Richtung, der sich gar nicht erschöpfen kann, rastlos mechanische Modelle herzustellen und zu verwerfen, der zum Studium der Konstitution der Materie eine förmliche Sammlung von Maschinen und Mechanismen anlegt, aber durch kein einziges diese Konstitution zu erklären beabsichtigt. „Unaufhörlich — sagt Duhem — warnt sogar die von ihm verwandte Ausdrucksweise vor einer solchen Interpretation seines Gedankenganges. Die Mechanismen, die er anführt, sind *grobe Modelle — rohe Bilder*; sie sind *mechanisch nicht natürlich, unnatural mechanically* — die in diesen Betrachtungen dargestellte und in unserem Modell veranschaulichte mechanische Konstitution der festen Körper darf nicht als in der Natur verwirklicht angesehen werden — es ist kaum nötig, zu bemerken, daß der Äther, den wir versinnbildlicht haben, eine durchaus ideale Substanz sei. Der pro-

1) Pierre Duhem: Ziel und Struktur der physikalischen Theorien — deutsch von Adler, mit einem Vorwort von E. Mach. Lpz. 1908, S. 107, 108. Die kursiv gedruckten Ausdrücke und Sätze sind unmittelbar der Darstellung von W. Thomson entnommen,

visorische Charakter aller dieser Modelle zeigt sich in der Ungezwungenheit, mit der der Autor sie aufgibt oder wieder aufnimmt, je nach dem Erfordernis der Erscheinung, die er gerade studiert. *Weg mit unseren sphärischen Hohlräumen und deren festen konzentrischen Hüllen, dies war, wie Sie sich erinnern, nur eine grobe mechanische Illustration. Ich will ein anderes mechanisches Modell geben, obwohl ich glaube, daß es auch von dem wahren Mechanismus der Erscheinungen sehr weit entfernt ist.*“

W. Voigt<sup>1)</sup> sieht in seinen Gedächtnisworten auf Lord Kelvin in der schöpferischen Gestaltung mechanischer Modelle das Zutagetreten einer gewissen künstlerischen Neigung. „Nachdem er alles Unnötige im Aufbau der Theorie ausgeschieden hat, geht Thomson immer wieder daran, sich den Mechanismus der Vorgänge anschaulich und gewissermaßen greifbar zu machen. Er erfindet Modelle, welche das einzelne Geschehen zu beleuchten vermögen, indem sie analoge Effekte hervorbringen, wie sie in der Wirklichkeit beobachtet werden. Elastische Körper repräsentiert er durch rotierende, kreiselartige Gebilde in eigenartiger Koppelung; Wirbelringe in einer Flüssigkeit repräsentieren ihm Atome; Seifenschaum stellt ihm den Lichtäther dar, den seine Theorie voraussetzt. Um die Konstruktion mechanischer Modelle für kristallinische Substanz hat er sich immer von neuem bemüht. Selbst für die neuesten Vorgänge der Radioaktivität hat er das Modell eines Moleküls bereit, das, aus Teilen im labilen Gleichgewicht bestehend, bei einem Anstoß explosionsartig zerfällt. Dabei haftet Thomson keineswegs an einer bestimmten Konzeption, sondern ist immer bereit, neuen Eigenschaften durch neue Modelle Rechnung zu tragen. Diese Modelle sind ihm eben nicht wirkliche Abbilder der Natur, sondern nur Systeme von be-

1) W. Voigt: Lord Kelvin, Gedächtnisworte, gesprochen in der öffentlichen Sitzung der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 9. Mai 1908.

stimmten, in der Natur vermutlich vorhandenen Eigenschaften, die, indem sie einen Vorgang der Auffassung näher rücken, die Aussicht auf leichte Entdeckung weiterer, damit etwa verbundener, aber noch nicht bekannter Erscheinungen und Gesetze eröffnen.“

Wenn es gestattet ist, diese beiden so verschiedenen Beurteilungen zu verallgemeinern, werden wir sagen können: Der französische Geist kann den mechanischen Modellen und Illustrationen eines Thomson kein Verständnis abgewinnen, der deutsche Geist steht ihnen erheblich näher, in jedem Falle sind die in Frage stehenden Betätigungen Thomson's in hohem Grade geeignet, einen Einblick in die Arbeitsstätte des englischen Geistes zu gewähren. Hierher gehört noch eine Äußerung Duhem's: 1) „Darwin und Spencer greifen ihre Gegner nicht in einem gelehrten Diskussionsgefecht an, sondern sie vernichten sie, indem sie sie steinigen.“

*Der durch die neuere Elektrodynamik gewiesene Ausblick.* — Die Bevorzugung der Mechanik, die Bedeutung der mechanischen Analogien ist jedenfalls in der bisherigen geschichtlichen Stellung der Mechanik innerhalb der physikalischen Disziplinen und in der besonders sorgfältigen Durcharbeitung der Mechanik, an der Mathematiker einen erheblichen Anteil haben, begründet.

Wenn die Elektrodynamik hinfort grundlegende Disziplin der Physik sein soll, dann ist es kein Zweifel, daß künftighin induktive Betätigung und erkenntnistheoretische Studien in demselben Sinne die Elektrodynamik bevorzugen werden, wie solche bisher die Mechanik bevorzugt haben, daß künftighin elektrodynamische Analogien und Identitäten in gleichem Sinne eine Rolle spielen werden wie bisher mechanische Analogien und Identitäten. Die Abhängigkeit der modernen Optik von der Elektrodynamik, die Tatsache, daß Licht-

1) Duhem: Ziel und Struktur usw., S. 83 unten.

Volkmann, erkenntnistheoretische Grundzüge. 2. Aufl.

schwingungen elektromagnetische Schwingungen sind, weist hier den Weg.

Erkenntnistheoretisch werden die auf dem Boden der Mechanik erwachsenen Studien darum nicht vergeblich sein, sie werden die mannigfaltigsten Vorbilder und Anregungen gewähren. Die Geschichte wird das Zeugnis ausstellen müssen, daß das auf mechanischer Grundlage aufgeführte physikalische System immerhin Erhebliches geleistet hat, an ihm haben sich jedenfalls die Ansprüche entwickelt, die an ein wissenschaftliches System zu stellen sind — Ansprüche, die mit dazu führten, die bisher zu grunde gelegte Anschauung von der Bedeutung der Mechanik wieder aufzugeben.

Das ist der tiefere Grund, weshalb ich in dem nächsten Vortrage auf die Besprechung der Axiome und Postulate der Mechanik noch genauer zurückkomme. Es wird sich dabei Gelegenheit bieten, an einem klassischen Beispiele die innige Durchdringung induktiver und deduktiver Momente der Erkenntnis besonders zur Anschauung bringen zu können.

*Frage nach einer Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung verschiedener Kulturvölker.* — Ich habe bereits im Anschluß an den Begriff des mechanischen Modells von einer besonderen Betätigung des spezifisch englischen und französischen Geistes in der Physik gesprochen. Ich werfe die Frage auf, ob nicht die schon äußerlich durch Sprache und Sitte getrennten Kulturvölker auch in der Vorliebe für gewisse wissenschaftliche Richtungen der Forschung und Darstellung überhaupt Unterschiede aufweisen möchten.

Solche Unterschiede treten in der Tat in der Wissenschaft auf, und es ist bekannt, daß man die beiden Richtungen, um deren Charakteristik es sich in diesem ganzen Abschnitt handelt, an die Namen Bacon und Descartes anzuknüpfen pflegt. Nachdem aber Liebig<sup>1)</sup> darauf hinge-

1) Liebig, Reden und Abhandlungen. 1874. S. 220—295.

wiesen hat, daß Baco's Name in diesem Zusammenhange am wenigsten eine Erwähnung verdient, wird eine solche, durch prägnante Namen immerhin bequeme Gegenüberstellung durch die geschicktere Gegenüberstellung des englischen und französischen Geistes zu ersetzen sein.

Die Behauptung eines solchen Unterschiedes scheint einigermassen im Gegensatz zu dem allgemein angenommenen und anerkannten Standpunkt eines internationalen Charakters der Wissenschaft zu stehen. Sieht man näher zu, so wird man aber erkennen, daß dieser Standpunkt bei aller Berechtigung, die ihm auch heute noch innewohnt, in seiner Ausnahmslosigkeit einer früheren Epoche entspricht, welche dem internationalen Charakter der Wissenschaft eine internationale Sprache zur Seite stellte, als welche sich, bedingt durch die Nachwirkung der Scholastik, die lateinische Sprache naturgemäß darbot.

So sehr die lateinische Sprache unzweifelhaft dazu beigetragen hat, seiner Zeit den internationalen wissenschaftlichen Verkehr zu erleichtern und die wissenschaftliche Mitteilung zu fördern, so entsteht doch die Frage, ob nicht der Natur der Darstellung der bahnbrechenden Autoren durch das lateinische Idiom bis zu einem gewissen Grade ein eigenartiger Zwang auferlegt wurde, welcher der Urwüchsigkeit der Forschung, wie sie als in der Natur der Sache begründet angesehen werden muß, nicht immer gerecht werden konnte. Dabei bleibt vollkommen bestehen, was Skutsch<sup>1)</sup> sagt: „Je größer und origineller ein Denker, um so mehr ist bei ihm die Sprache die Rinde des Gedankens, die sich nicht abstreifen läßt, ohne daß der Gedanke selber Schaden leidet, und so wird auch der Mathematiker und Naturwissenschaftler das Latein nicht entbehren können, solange Newton und Gauss ihren Platz in der Wissenschaft behaupten.“

1) F. Skutsch in dem Artikel: Die lateinische Sprache in Hinneberg: Die Kultur der Gegenwart. Teil I. Abt. 8. 1905. S. 449.

Am frühesten haben sich Franzosen und Engländer<sup>1)</sup> von der lateinischen Sprache emanzipiert. Die Aufnahme der Landessprache in Frankreich mochte bei der starken Abhängigkeit der französischen Sprache von dem Lateinischen eine besondere Differenzierung zunächst verzögern, ebenso wie eine längere Beibehaltung der lateinischen Gelehrtensprache in Deutschland in Verbindung mit dem besonderen Einfluß Frankreichs in der Physik vor hundert Jahren eine Differenzierung gegenüber der französischen Darstellung hinanhalten mochte — war es doch lange Zeit in Deutschland üblich, französische Lehrbücher mit ihren Darstellungen als Muster von Klarheit vorbildlich hinzustellen. Jedenfalls hat sich England mit Faraday zunächst durch besondere Richtungen der Forschung und Darstellung abgezweigt; diese Eigenart findet seit wenigen Jahrzehnten auch in Deutschland Verständnis und Aufnahme, bleibt aber in ihren extremsten Formen, wie wir sie zuvor in der Schaffung mechanischer Modelle kennen gelernt haben, noch gegenwärtig im wesentlichen auf England beschränkt.

So möchte denn die wissenschaftliche Eigenart der Hauptkulturvölker in besonderer Stärke sich im Laufe des neunzehnten Jahrhunderts herausgebildet haben, nachdem allgemein die lateinische Sprache aufgehört hat, die Sprache der Wissenschaft zu sein. Jedenfalls mag es einerseits auf fallen, andererseits aber in der Natur der Sache begründet befunden werden, daß gerade in einer Wissenschaft, wie der Physik, die von jeher allseitig als der größten Objektivität zugänglich geschätzt ist, diese Unterschiede sich am

1) In England vollzieht bereits Newton diesen Übergang von den „*Philosophiae naturalis principia mathematica*“ 1687 zu seinen „*Optica*“ 1704. Von Bacon kann auch hier nicht die Rede sein, denn es wird richtig sein, was Liebig sagt: „Bacon hat keines seiner Werke lateinisch geschrieben, sondern sie von andern übersetzen lassen, die den Gegenstand nicht verstanden, und da ihm die Sache ebenfalls nicht klar war, so kann man sich denken, was dabei herauskam.“ Liebig, Reden und Abhandlungen. 1874. S. 263.

deutlichsten aufweisen lassen möchten, und auf diese Weise ein immerhin wertvoller Beitrag zu einer Analyse der Psyche einzelner Völker gewonnen werden kann.

*Der französische Typus.* — Der moderne französische Typus der physikalischen Darstellung dürfte wesentlich eingeleitet erscheinen durch Laplace, seinen Einfluß und seine Zeit. Rein äußerlich betrachtet, erscheint der französische Typus der Darstellung überaus durchsichtig und klar — um so mehr, je länger er an durchgebildete Gewohnheiten anknüpfen kann: Voraussetzungen teilweise mathematischen Charakters finden ihre gesonderte, pointierte Zusammenstellung, sie fordern dazu auf, das Erscheinungsgebiet unter gewissen Gesichtspunkten anzusehen: als einen Summenkomplex von Elementarwirkungen. Eine beschränkte Auswahl von Experimenten, Fundamentalversuche, werden weiter der Darstellung vorweg zugrunde gelegt. Eine eigenartige Verknüpfung dieser Fundamentalversuche mit den an die Spitze gestellten Voraussetzungen bildet dann den Weg zur Aufstellung von Elementargesetzen. Das ist der Weg, auf dem Laplace zur Aufstellung eines elektromagnetischen, Ampère zur Aufstellung eines elektrodynamischen Elementargesetzes, F. Neumann zur Aufstellung eines Elementargesetzes der induzierten Ströme gelangt.

Die Darstellung erscheint — rein äußerlich genommen — allenthalben um so vollendeter, um so objektiver, je weniger im einzelnen eine Analyse der Bestandteile der Voraussetzungen des Systems vorgenommen wird. Jede genauere Analyse würde nur geeignet erscheinen, den Schein der Objektivität zu trüben, jede genauere Analyse der einzelnen Voraussetzungen und ihre Verknüpfung mit den Fundamentalversuchen müßte Anlaß geben zu Erörterungen über die Herkunft gewisser Aussagen, die subjektiv erscheinen möchten und darum eben vermieden werden sollen. Mögen für den Versuch einer inneren Aneignung der Voraussetzungen



und ihrer Verwertung die ernstesten Zweifel auftreten, die Darstellung will solche Zweifel weder nähren noch zerstören — das muß der Einzelne mit sich abmachen. Diese Zweifel können auch zunächst um so mehr zurückgedrängt werden, je erfolgreicher sich der eingeschlagene Weg zu gestalten scheint. Der Erfolg, die Aufdeckung neuer Tatsachen und Erscheinungen sind es, die ohnehin das Interesse an Fragen über die Herkunft der Prämissen zurückdrängen. Auf die Dauer läßt sich aber dieses Interesse nicht zurückdrängen.

Der französische Typus findet eine sehr bezeichnende Charakteristik in der Darstellung bei Duhem an der Stelle, wo er von „der äußersten Sorgfalt spricht, mit der Laplace, Fourier, Cauchy, Ampère, Gauss, Franz Neumann die Brücke konstruiert haben, die den Ausgangspunkt der Theorie mit dem Wege, auf dem sich die algebraische Entwicklung vollziehen soll, verbindet. Diese Brücke besteht in der Definition der in der Theorie zu behandelnden Größen und in der Rechtfertigung der Hypothesen, auf denen die Deduktionen ruhen. Daher stammen jene Einleitungen, die Muster an Klarheit und Methode sind, mit denen die meisten ihre Abhandlungen beginnen.“

Diese äußerste Sorgfalt ist in vielen Fällen aber mehr eine äußere formelle, und nicht immer kommt wie bei Ampère die Aufrichtigkeit zum Durchbruch, daß seine angeblich einzig aus der Erfahrung abgeleitete mathematische Theorie der elektrodynamischen Phänomene etwas Künstliches habe. „Das Experiment,“ sagt Duhem, „hatte im Gegenteil nur einen sehr geringen Anteil an deren Ausbildung. Es war bloß die Gelegenheit, die die Intuition des genialen Physikers wachrief, und diese Intuition tat das übrige.“

Dieser Typus überträgt sich auch auf die Lehrbücher, deren ich schon vorher gedachte. In einem der vielen

---

1) P. Duhem. S. 99 u. 265.

treffenden Referate seiner Zeitschrift für physikalische Chemie hat W. Ostwald<sup>1)</sup> neuerdings wieder diesen Typus von Lehrbüchern richtig und wahr gezeichnet: „Es handelt sich um eines der guten französischen Lehrbücher, bei denen die Erziehung und Gewöhnung zur strengen Methode den Verfassern einen geraden Weg in das Verständnis seitens der Schüler vermitteln. Und gleichfalls läßt sich nicht leugnen, daß hierbei das Bewußtsein vom Leben und von der Entwicklung der Wissenschaft, die keinen Augenblick stillsteht, nicht so recht in Erscheinung tritt. So hat es der Schüler insofern bequem, als er einen genau zugemessenen und sorgfältig vorbereiteten Stoff vorgelegt bekommt, dessen regelmäßige Aufnahme ihm bei einigem Fleiß nicht allzuschwer fallen wird; ob er aber hernach auch in das Wesen der Forschung eindringt, steht in einem anderen Buch.“

*Der englische Typus.* — Der moderne englische Typus der physikalischen Darstellung dürfte eingeleitet erscheinen durch Faraday mit seiner von jeder schulmäßigen Ausbildung freien Originalität. Ich habe schon in dem ersten Vortrage der eigenartigen Erscheinung Faraday's in der Geschichte der physikalischen Wissenschaft gedacht, die erst eines besonderen Interpreten bedurfte: Cl. Maxwell.

Das eigenartige Werk Maxwell's über Elektrizität und Magnetismus ist vielfach besprochen. Hier nur soviel, daß es in Form und Darstellung so ziemlich das Gegenstück von dem zuvor geschilderten Typus französischer Bücher ist. Es stellt sich in mancher Hinsicht als eine überaus lose Aneinanderheftung einzelner in sich geschlossener Kapitel dar, die oft wenig oder garnichts miteinander gemein haben, in denen alte überkommene Anschauungen der französischen und deutschen Physik mit neuen Anschauungen abwechseln,

---

1) Zeitschrift für physikalische Chemie 1908. Bd. 63. S. 762.

zu denen sich Maxwell durchzuringen bemüht, ohne die Klarheit zum Ausdruck bringen zu können, durch welche wir bei dem alten Typus der Darstellung verwöhnt waren.

In Maxwell's Werk tritt uns eben ein vollkommen neuer Typus einer physikalisch wissenschaftlichen Darstellung entgegen, wie er gegenwärtig als der englischen Nation eigen bezeichnet werden kann — ein Typus, welcher uns vor allem darauf aufmerksam macht, daß der alte französische Typus bei allem äußeren objektiven Anscheine von einer objektiven Darstellung in des Wortes bester Bedeutung weit entfernt ist. Auch der englische Typus erscheint nicht objektiv — dazu wechselt schon viel zu häufig die Darstellung, aber der englische Typus beansprucht auch gar nicht objektiv zu sein, er will subjektiv sein, darin liegt geradezu seine Aufrichtigkeit. Durch seine aufrichtige Subjektivität regt er dazu an, die Objektivität der physikalischen Erkenntnis in einer Richtung zu untersuchen und aufzudecken, die in sich ein erhebliches, wissenschaftliches Interesse beanspruchen darf, und die wir in ideeller Gestaltung vielleicht als psychologisch bezeichnen können.

Wenn ich als Physiker hier von der Psyche der physikalischen Erkenntnis und Forschung spreche, möchte ich nicht mißverstanden werden. Dem Physiker, wie dem Naturforscher überhaupt, sind eigentlich und sollen eigentlich Tatsachen alles sein. Dazu gehört das Studium, wie diese Tatsachen gefunden sind, welche Methoden zur Aufdeckung dieser Tatsachen geführt haben. Aber sekundär berechtigt und für jede Erkenntnistheorie von Bedeutung sind auch die ferneren weiteren Fragen, welche uns hier beschäftigen: welche erkenntnisgemäßen Elemente in ihrer Trennung und in ihrer Vereinigung zusammenwirken, Tatsachen in ein geschlossenes, wissenschaftliches System einzuordnen: welche Forderungen man an ein solches wissenschaftliches System überhaupt stellen kann: wie ein solches System überhaupt zu stande kommt.

Der englische Typus der Darstellung hat, von diesem Standpunkte aus angesehen, unzweifelhaft den Wert gehabt, uns die Augen darüber zu öffnen, daß der früher als Muster hingestellte französische Typus den höchsten Forderungen der Darstellung eines wissenschaftlichen Systems nicht genügt und nicht genügen kann. Ihm haftete der Mangel an, aus einzelnen Entwicklungselementen der Physik eine mehr zufällige, willkürliche Auswahl getroffen zu haben, die für eine erkenntnistheoretisch befriedigende, psychologisch wahre Grundlegung des ganzen Systems nicht immer zwingend und ausschlaggebend sein können. Ihm haftete der Mangel einer ständigen Berührung mit der Wirklichkeit an. Die einseitige Verwertung der Atomistik und der Gravitationsvorstellung haben hier trotz aller Erfolge besonders die Rolle gespielt, der Physik vorübergehend ein eigenartiges, der Wirklichkeit nicht ganz angemessenes Kleid zu geben. So kam ein *Mixtum Compositum* einer nur scheinbar sehr objektiven Darstellung zu stande, die in Wirklichkeit durch eine ganze Reihe zufälliger Umstände und willkürlicher Gesichtspunkte bedingt erscheint.

*Der von der Erkenntnistheorie geforderte Typus.* — Man hält es häufig für angemessen, den heuristischen Weg auf das ängstlichste zu verschleiern und sich lediglich darauf zu beschränken, eine fertige Arbeit als ein in sich geschlossenes Kunstwerk darzustellen; als klassisches Beispiel kann hier Gauss angeführt werden.<sup>1)</sup> Aufgabe einer wissenschaftlichen Darstellung wird es aber sein müssen, die mannigfachen Elemente aufzudecken, die gerade für die Grundlegung einer Disziplin in Betracht zu ziehen sind. Es wird nicht von vornherein vorausgesetzt werden dürfen, daß diese Elemente einfacher Art sind, im Gegenteil, es wird eher angenommen werden müssen, daß sie zusammengesetzt sind:

1) Faraday ist mit seinen „Experimental Researches in Electricity“ hierin ganz das Gegenstück von Gauss.

aus Bestandteilen der Erfahrung, aus Bestandteilen axiomatischen, bzw. postulierenden Charakters, aus Bestandteilen, die logisch bewiesen werden können und müssen.<sup>1)</sup> Für die Darstellung wird aber weiter verlangt werden müssen, daß die Zuordnung dieser erkenntnismäßig ganz verschieden liegenden Faktoren zum wissenschaftlichen System, als aus einer gewissen naturgemäßen Notwendigkeit folgend, ersichtlich erscheint. Diese Notwendigkeit muß zum Ausdruck gebracht werden, mag sie eine innere, mag sie eine äußere sein — bedingt durch die Eigenart des menschlichen Verstandes, der menschlichen Fähigkeiten und Vermögen einerseits — durch die Eigenart der äußeren Wirklichkeit andererseits. Damit ist aber wieder hingewiesen auf die subjektiven und objektiven Seiten der physikalischen Erforschung. Es wird Aufgabe einer ebenso künstlerischen wie philosophischen Darstellung sein, gegen welche das, was man früher im Anschluß an die Franzosen „Vollendung der Darstellung“ nannte, zurücktritt, diese subjektiven und objektiven Seiten der physikalischen Forschung zur Anschauung zu bringen.

Ich sage noch einmal: ich will eine solche erkenntnismäßige Auseinandersetzung im Rahmen der physikalischen Wissenschaft nicht überschätzen, aber geleistet muß sie einmal werden. Diese Leistung wird jedenfalls ein besonderes Interesse beanspruchen dürfen. Wenn ich vorhin von einem französischen und von einem englischen Typus gesprochen habe, so wäre meines Dafürhaltens hier die deutsche Nation befähigt, einen besonderen Typus zu schaffen. Jedenfalls hat die deutsche Nation gerade eine Reihe von Autoren aufzuweisen, deren Eigenart hier in wirksamer Richtung vorgearbeitet hat.

---

1) Diese meine Ausführung ist unter enger Anlehnung des Ausdrucks gegen eine Stelle des Vorworts von Kirchhoffs *Mechanik* gerichtet. Man vergleiche auch meinen Aufsatz über Newton im Anhang dieser Grundzüge.

*Induktive Betätigung des englischen, deduktive Betätigung des französischen Geistes.* — Duhem hat sich in dem vierten Kapitel seines schon vorhin zitierten Werkes an eine Stelle aus Pascal's „Pensées“ gelehnt<sup>1)</sup>, die mit der Äußerung schließt: „Der Geist kann stark und eng, und ebenso ausgedehnt und schwach sein“ und in diesem Zusammenhange die Unterscheidung des „starken aber begrenzten Denkens der Franzosen“ und des „umfassenden aber schwachen Denkens der Engländer“ geprägt.

Es muß dahin gestellt bleiben, ob es zweckmäßig war, die hier in Betracht kommende Analyse an die entlegene Äußerung eines Autors zu knüpfen, dessen Gedankenrichtung noch in die Vor-Newton'sche Zeit fällt, und auf einen Satz zu konzentrieren, den dieser Autor vielleicht gar nicht einmal für eine programmatische Erklärung geschickt gefunden hätte. So möchte ich z. B. das „schwache Denken der Engländer“ unter keinen Umständen für einen erlaubten Ausdruck halten, so zahlreiche Auseinandersetzungen auch Duhem zur Erläuterung dieses Ausdruckes hinzufügen mag.

Ich befinde mich in Übereinstimmung mit Duhem, wenn ich Untersuchungen, wie die vorliegenden, an die Geschichte der Wissenschaft knüpfe. Besonders geeignet will sich mir da erweisen die Betätigung einzelner Nationen an der Aufstellung fundamentaler Prinzipie, wie z. B. des Energieprinzipes; so erinnere ich denn an die Bemerkungen des ersten Vortrags: Die wesentlich induktive, auf eigenen Messungen beruhende Forschung eines Joule ruft bei seinen englischen Landsleuten kaum Widerspruch hervor, die induktive Forschung eines Mayer und Helmholtz — in deduktiver Form vorgetragen — findet bei den deutschen Landsleuten erheblichen Widerstand. Wir weisen in diesem Zusammenhange endlich noch darauf hin, daß die französische Nation an der Aufstellung des Energieprinzipes, bei der

---

1) Pascal: Pensées I Article X.

alles auf Induktion ankam, im wesentlichen<sup>1)</sup> nur durch die Erklärung der Pariser Akademie vom Jahre 1775 beteiligt erscheint.

So wird man an Stelle der etwas gewaltsam und künstlich im Anschluß an Pascal gewählten Unterscheidung von Duhem sagen können: Die Stärke des englischen Geistes hat sich von jeher in der induktiven Form des Denkens betätigt, die Stärke des französischen Geistes in der deduktiven Form. Der deutsche Geist ist vielleicht besonders befähigt beide Formen des Denkens in das rechte Verhältnis zu setzen.

---

1) Über weitere verschiedene Ansätze zum Prinzip der Energie bei französischen Forschern berichtet E. Mach: Die Prinzipien der Wärmelehre, Leipzig 1896, S. 238.

## SECHSTER VORTRAG.

### Newton's Axiome und Postulate und die an sie unter dem Gesichtspunkte der Induktion und Deduktion zu knüpfenden Erörterungen.

#### I.

*Motivierung ausführlicher Auseinandersetzungen über Axiome und Postulate. Bedeutung der Darstellung Newton's für solche.* — Ich habe in den beiden letzten Vorträgen im Anschluß an die Denkformen der Induktion und Deduktion einen Überblick über die Hilfsmittel zu geben versucht, auf welche ein wissenschaftliches System der Physik angewiesen ist. Mein Streben war dabei darauf gerichtet, die in Betracht kommenden Momente möglichst übersichtlich und gleichförmig nebeneinander aufzuführen. Die Übersicht hätte jedenfalls gelitten, würde ich bereits dort schwieriger liegende Partien durch detaillierte Einzelausführungen zu stark belastet haben. Andererseits läßt sich wohl ein Bedürfnis nicht leugnen, auf Einzelheiten der beiden letzten Vorträge einzugehen. Diesem Bedürfnis soll in dem vorliegenden besonderen Vortrage nachgekommen werden.

Es handelt sich darum, die Axiome (Postulate) einer besonderen, näheren Besprechung zu unterziehen: unter Rücksicht auf die Rolle, die sie bisher innerhalb des wissenschaftlichen Systems gespielt haben, unter Rücksicht auf die Fragen, die inbezug auf sie und ihre etwaigen Modifikationen für die weitere Entwicklung aufzuwerfen sein werden.

Die hier anzustellenden Erörterungen werden wir an die Auseinandersetzung der Grundbegriffe und Grundsätze



Newton's knüpfen. Die Frage, ob Newton's Prinzipien in ihren Ausführungen auch heute noch allen Anforderungen genügen, ist davon ganz unabhängig. Bei der Bedeutung der Geschichte für erkenntnistheoretische Untersuchungen wird zu betonen sein, daß Newton's Prinzipien einen enormen Einfluß auf die Entwicklung der gesamten physikalischen Systematik ausgeübt haben, daß die Grundbegriffe der Newton'schen Mechanik, durch welche die wissenschaftliche Sprache ihre Festlegung gefunden hat, auch heute noch bei allem Wechsel der Anschauung als Grundbegriffe anerkannt und behandelt werden. Auch wenn einmal das physikalische System auf einer ganz anderen Grundlage aufgeführt werden sollte, wird das Newton'sche System, mit dem zwei Jahrhunderte gearbeitet haben, eine Fülle von Anregungen für die Anforderungen gewähren, welche erkenntnistmäßig in Betracht kommen — andererseits wird schon heute darauf hinzuweisen sein, daß eines der ersten Erfordernisse eines solchen neuen Systems wäre, neue Grundbegriffe und Grundsätze und damit eine neue wissenschaftliche Sprache zu schaffen.<sup>1)</sup>

*Gegensatz der Unbestimmtheit und Unsicherheit der induktiven Einführung der Grundbegriffe und Grundsätze Newton's zu der Bestimmtheit und Sicherheit ihrer deduktiven Anwendung und Verwertung.* — Indem ich mich nunmehr anschicke, die Grundbegriffe und Grundsätze des Newton'schen Systems zur

1) Im folgenden bin ich wesentlich bemüht gewesen die Grundlinien des Newton'schen Systems aus dem Geist der Newton'schen Darstellung heraus in sich zur Anschauung zu bringen, ohne mich zu enge an die Form der Newton'schen Darstellung zu binden. In dem mit Zusätzen vermehrten Wiederabdruck meines Aufsatzes über Newton aus dem Jahre 1898, der in vielen Punkten die Ausführungen des sechsten Vortrags ergänzt, bin ich im engeren Anschluß an die Form der Newton'schen Darstellung auf Auseinandersetzungen anderer Autoren eingegangen, wie man dort überhaupt eine stärkere Bezugnahme auf die einschlägige Literatur finden wird.

Darstellung zu bringen, stelle ich eine Bemerkung voran, die von vornherein unseren Untersuchungen eine gewisse Richtung und Unterlage gewähren wird. Diese Bemerkung ist die, daß die Unbestimmtheit und Unsicherheit einer induktiven Einführung von Grundbegriffen und Grundsätzen einigermassen im Gegensatz stehen wird und stehen muß zu der deduktiven Bestimmtheit und Sicherheit ihrer Anwendungen.

Diese Bemerkung wird gewiß Widerspruch erregen; um diesen Widerspruch wenigstens in etwas abzuschwächen, will ich auf ganz analoge Äußerungen Liebig's verweisen.<sup>1)</sup> In seiner Rede über die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft äußert sich Liebig: „Am Anfang sind die Tatsachen, welche ein Begriff in sich einschließt, unbestimmt und in ihrer Zahl und ihrem Umfange nach nicht bekannt, und es folgt hieraus von selbst, daß die ersten Erklärungen weder bestimmt, noch begrenzt sein können, und daß sie sich in eben dem Verhältnisse ändern müssen, als die Tatsachen, die zu dem Begriffe gehören, entdeckt und in denselben eingeschlossen werden.“ In diesen Zusammenhang gehört auch eine Stelle aus der Rede von Liebig über Induktion und Deduktion: „Die Induktion unter der Leitung der Phantasie ist intuitiv und schöpferisch, aber unbestimmt und maßlos; die Deduktion unter der Leitung des Verstandes analysiert und begrenzt, und ist bestimmt und maßvoll. Einer der wesentlichsten Charaktere der deduktiven Forschung in der Naturwissenschaft ist das Maß, und das Endziel aller ihrer Arbeiten ist auf einen unveränderlichen Zahlenausdruck für die Eigenschaften der Dinge, für die Vorgänge und Erscheinungen gerichtet. Die Phantasie vergleicht und unterscheidet, aber sie mißt nicht, denn zum Messen gehört ein Maßstab, der ein Produkt des Verstandes ist.“

1) J. von Liebig: Reden und Abhandlungen, Leipzig und Heidelberg 1874, S. 315 u. 309.

Wir kehren zu Newton zurück: In der Tat gewährt die Newton'sche Mechanik in einer zahllosen Menge von Beispielen genügend Anhaltspunkte, wie Newton's Grundbegriffe und Grundsätze anzuwenden sind. So erkennen wir von vornherein: Die tatsächlichen Anwendungen, die Anwendungsfähigkeit bilden für ein physikalisches System das naturgemäß Ausschlaggebende, nicht die für diese Anwendungen in den Grundsätzen mehr oder weniger bestimmt niedergelegten Anweisungen.

In dieser Bemerkung liegt enthalten, daß der Versuch, die Newton'schen Grundsätze präzise zu fassen, mehr Sache einer gewissen Geschicklichkeit sein wird, die Momente passend einzuführen, auf welche es ankommt. Solange die Anwendung der Grundsätze Erfolge aufweist, wird es für den eigentlichen, wissenschaftlichen Betrieb wenig darauf ankommen, ob der Grundsatz so oder anders gefaßt ist — die Gesundheit der Grundlage ist doch erwiesen. Solange die Anwendungen unberührt bleiben, ist durch eine weniger glückliche Fassung eines Grundsatzes noch nichts gegen diesen Grundsatz selbst erwiesen; eine Fassung, die als weniger glücklich erkannt ist, wird nur zu dem Versuche einer neuen, glücklicheren Fassung auffordern. So haben denn in der Tat alle während der letzten Jahrzehnte in Vorschlag gebrachten Modifikationen Newton'scher Fassungen an dem Newton'schen System als solchem nichts ändern wollen und können.

In diesen Bemerkungen liegt der, durch die Natur der Sache gebotene, tiefere Grund, daß der Einführung aller Grundbegriffe und aller Grundsätze eine gewisse Unbestimmtheit anhaftet und anhaften muß, die erst mit der Anwendung schwindet. Es ist ähnlich wie mit einer politischen Neuschöpfung, mit der Gründung eines politischen Reiches in der Geschichte der Staatenbildungen; eine solche Neubildung wird auch

nicht sofort zu allen Fragen mit der größten Bestimmtheit Stellung nehmen, sondern eine Reihe von Fragen offen lassen. Diese in der Natur der Dinge liegende Unbestimmtheit wird erkenntnistheoretisch ebensowohl zu beachten, wie zu verwerthen sein; völlig verkehrt wäre es, diese Unbestimmtheit zum Angriffspunkt gegen den Grundsatz selbst verwerthen zu wollen.

*Geschlossenheit des Systems Newton's und die rückwirkende Verfestigung seiner Axiome und Postulate.* — Mit dieser in der Natur der Sache begründeten Unbestimmtheit bringe ich die Forderung in Zusammenhang, daß jedes System nur in sich, in seiner Gesamtheit und Geschlossenheit aufgefaßt, beurteilt und besprochen sein will. Ein wissenschaftliches System besteht natürlich aus Teilen; die Gliederung und Darstellung eines Systems erfordert es naturgemäß, daß diese Teile gesondert hervortreten und auch gesondert besprochen werden, aber doch wird eine solche Besprechung stets nur unter der mannigfaltigsten Bezugnahme auf das Ganze und somit auch unter Bezugnahme und Hinweis auf Künftiges erfolgen können.

In diesem Zusammenhange will ich hier eine Stelle aus meinen Vorlesungen<sup>1)</sup> wiederholen, welche ich dort schon auch äußerlich durch Sperrdruck hervorgehoben habe:

Das physikalische Begriffssystem ist nicht etwa aufzufassen als ein System, welches nach Art eines Gebäudes von unten aufgeführt wird, sondern als ein durch und durch gegenseitiges Bezugssystem, welches nach Art eines Gewölbes oder eines Brückenbogens aufgeführt wird. Ein

1) Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Vorlesungen. Leipzig 1900. S. 3 u. 4.

solches Bezugssystem fordert, daß ebenso die mannigfaltigsten Bezugnahmen auf künftige Resultate bis zu einem gewissen Grade von vornherein hinweg genommen werden müssen, wie umgekehrt bei späteren Ausführungen die mannigfaltigsten Zurückverweisungen auf frühere Verfügungen und Festsetzungen statthaben müssen. Die Physik ist kurz ein Begriffssystem mit rückwirkender Verfestigung.

In keiner von den später erschienenen einschlägigen Darstellungen habe ich diese meine Auffassung in der Deutlichkeit wieder angetroffen und auseinandergesetzt gefunden, wie in dem neuerdings erschienenen Werke von P. Duhem. So heißt es an einer Stelle<sup>1)</sup> sehr richtig: „Man jagt einer Chimäre nach, wenn man irgend eine der Hypothesen der theoretischen Physik von den anderen Annahmen, auf denen diese Wissenschaft ruht, zu trennen sucht, um sie isoliert der Kontrolle der Beobachtung zu unterwerfen; die Verwirklichung und Interpretation jedes beliebigen Experimentes der Physik schließt die Anerkennung einer ganzen Gruppe theoretischer Lehrsätze in sich. Die einzige experimentelle Kontrolle der physikalischen Theorie, die nicht unlogisch ist, besteht in dem Vergleich des vollständigen Systems der physikalischen Theorie mit der ganzen Gruppe experimenteller Tatsachen und in der Feststellung, ob diese durch jene in befriedigender Weise dargestellt wird.“

In der Tat, es ist ein Irrtum und eine Täuschung, wenn man glaubt, Teile eines Systems aus dem Zusammenhange herausreißen zu dürfen und gesondert ohne Bezugnahme auf andere Teile des Systems zur Darstellung oder Besprechung bringen zu können. Es gehört naturgemäß nicht viel dazu, gegen einzelne Teile mit einer Kritik einzusetzen

1) P. Duhem: *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*, übersetzt von Adler. Leipzig 1908. S. 266, 267.

— eine solche Kritik wird sich aber nur dann tatsächlich fruchtbringend gestalten, wenn sie diese einzelnen Teile als Glieder eines zusammengehörigen Organismus auffassen wird.

Vor allem werden bereits die zu postulierenden Grundbegriffe eines wissenschaftlichen Systems nicht völlig ohne Bezugnahme aufeinander und auf künftig auseinander zu setzende Erfahrung hingestellt werden können. Tatsächlich treten die Erscheinungen und Vorgänge, auf denen unsere Postulate beruhen, stets nur in einer gewissen Beziehung zueinander in der Wirklichkeit auf, und so werden wir für die Begriffe, die wir in diese Erscheinungen und Vorgänge hineinlegen, in erster Linie eine logische Unabhängigkeit, d. h. die Möglichkeit einer logischen Isolierung fordern. Die Unmöglichkeit einer praktischen Isolierung gewisser Realinhalte, beziehungsweise Tatsachen muß ersetzt werden durch die Nötigung zu einer logischen Isolierung gewisser Idealinhalte, beziehungsweise Begriffe.

Das erscheint als der einzige Weg, um uns in dem Labyrinth der Erscheinungswelt sowohl vorläufig wie auch dauernd immer weiter zu orientieren, um ein System aufzuführen. Der Grundsatz der rückwirkenden Sicherung und Verfestigung ist in seiner Anwendung der einzige, der uns Vertrauen in die Festigkeit und Sicherheit eines unter so schwierigen Bedingungen aufzuführenden Systems geben kann.

Ich beginne mit den Begriffspostulaten der Newton'schen Mechanik: den Begriffen des Raumes, der Zeit und der Masse.

## 2.

*Grundbegriff des Raumes. Unterstützung des räumlichen Anschauungsvermögens durch mathematisch rechnerische Hilfsmittel.* — Den Begriff des Raumes pflegt die Physik, insbesondere

die Mechanik der Geometrie unmittelbar zu entnehmen, und so sind denn die grundlegenden Betrachtungen über den Begriff des Raumes, an welche die Naturwissenschaften anknüpfen können, zunächst eher bei Mathematikern als bei Physikern zu finden. Der Mathematik ist es insbesondere durch Einführung der Disziplin der sogenannten *Nicht-Euklid'schen Geometrie* in hohem Grade gelungen, die Eigenschaften des Raumes klar zu legen und zu präzisieren, welche der *Euklid'schen Geometrie* zugrunde liegen,<sup>1)</sup> und an welche im speziellen die Physik anzuknüpfen hat.

Ein wesentliches Hilfsmittel boten bei diesen Untersuchungen die seit Descartes eingeführten Koordinaten, welche rein rechnerisch die Eigenschaften des Raumes zu studieren und zu verfolgen gestatten. Dabei wird darauf hinzuweisen sein, daß die Koordinaten dem Raumbegriffe gegenüber an und für sich fremde Hilfsmittel sind. Unser räumliches Anschauungsvermögen erscheint derart an den Euklid'schen Raum und seine Eigenschaften gebunden, daß es ohne diese dem Euklid'schen Raum an sich fremden Hilfsmittel gar nicht möglich erscheint, ohne weiteres in das Studium des Euklid'schen Raumes und seiner Eigenschaften einzudringen. Es müssen eben die erhöhten Anforderungen an das Anschauungsvermögen durch die Möglichkeit einer rein rechnerischen Unterstützung, wie sie seit Descartes dem Wesen der analytischen Geometrie zu grunde liegt, eine angemessene Entlastung finden.

Wir können die hier vorliegende Situation vielleicht durch eine Bemerkung klären, zu welcher die physikalische Behandlung der Gegenstände bisweilen Anlaß bietet: Die Physik findet in den beiden Elementen der Anschauung

---

1) Riemann: Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen. 1854. Helmholtz: Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. 1870. F. Klein: Nicht-euklidische Geometrie. Autographisches Vorlesungsheft 1890. Hilbert: Grundlagen der Geometrie. 1899.

und der Rechnung ihre vornehmlichste erkenntnismäßige Unterstützung, und es wird ihr Streben darauf gerichtet sein müssen, beide Elemente in das angemessene Gleichgewicht zu setzen und darin zu erhalten. So bietet die Physik mannigfache Beispiele dafür, daß bald die Anschauung der Rechnung, bald die Rechnung der Anschauung vorauseilt; im letzten Falle sagen wir wohl: der Rechenstift erweist sich klüger als wir. Einzelne Forscher sind sehr verschieden für Rechnung und Anschauung veranlagt — Kirchhoff war in hohem Grade für Rechnung, Helmholtz für Anschauung veranlagt.

Der vorliegende Fall liegt insofern eigenartig, als es sich um ein durch und durch anschauliches Element handelt, dessen tiefere Verarbeitung schließlich zu einer derartigen Abstraktion des menschlichen Denkvermögens führt, daß die Rechnung als einzig adäquates Hilfsmittel erscheint, die Aufgabe zu bewältigen.

*Subjektive und objektive Seiten des Raumbegriffes.* Der Begriff des Raumes hat für den Physiker eine subjektive und eine objektive Seite:

Die subjektive Seite liegt begründet in dem räumlichen Anschauungsvermögen des Individuums — in der räumlichen Anschauungsform a priori nach Kant, von der Kant behauptet, daß wir sie in die Wirklichkeit hineinbringen, ohne daß ihr eine äußere Realität entspricht — in der räumlichen Anschauungsform, welche uns befähigt, unabhängig von der Erfahrung<sup>1)</sup> eine Geometrie und Kinetik der materiellen Systeme aufzuführen.

Die objektive Seite liegt begründet in den Erfolgen der Physik, insbesondere der Mechanik den Raum aufzufassen als ein äußeres, von den Erscheinungen an sich unabhängiges Bezugsselement, in dem sich die Erscheinungen

---

1) Man vergleiche H. Hertz: Die Prinzipien der Mechanik 1894. S. 53 u. 157.



vollziehen — als ein Zeichen für Gegenstände der äußeren Erfahrung,<sup>1)</sup> welches uns befähigt, neben den noch weiter unten auseinanderzusetzenden Begriffen der Zeit und der Masse eine Mechanik der materiellen Systeme in Übereinstimmung mit der Erfahrung aufzuführen — als unabhängige Veränderliche im Sinne des Funktionsbegriffes der Mathematik.

*Frage nach der Relativität der Bewegungsvorgänge im Raume.*

— Wenn somit der Raum eingeführt erscheint als ein von den Erscheinungen an sich unabhängiges Bezugselement, so ist erfahrungsgemäß für die Grundlegung des physikalischen Systems als Ganzem die Frage entstanden, ob nicht die anderen beiden soeben erwähnten, von den Erscheinungen an sich gleichfalls unabhängigen Bezugselemente: Zeit und Masse es erforderlich machen, für das Studium der Erscheinungen im Raume von vornherein noch auf besondere Umstände hinzuweisen, welche beachtet werden müssen.

Erfahrungsgemäß haben Bewegungserscheinungen von Massen unter Umständen auf gewisse Schwierigkeiten der Vorstellung geführt, welche eine Entlastung der räumlichen Anschauung durch Verwertung der von Descartes geschaffenen rechnerischen Hilfsmittel der Koordinaten notwendig erscheinen ließen — etwa vergleichbar mit der Entlastung, von der wir vorhin im Anschluß an rein geometrische Untersuchungen des Euklid'schen Raumes im Verhältnis zu anderen Räumen sprachen. Die Aussage, die bisher in allen zweifelhaften Fällen — unabhängig von metaphysischen Vorstellungen aller Art — zu einer befriedigenden Übereinstimmung mit der Erfahrung geführt hat, lautet in der Sprache der Koordinaten:

Es müssen die im Raume sich abspielenden Bewegungsvorgänge auf ein im Raume festes, d. h.

1) Siehe Anmerkung S. 117.

von der Zeit unabhängiges Koordinatensystem bezogen werden.

Damit es nun nicht den Anschein hat, als ob wir in unserer Aussage an die Koordinatensprache, von der ausdrücklich zuvor gesagt ist, daß sie dem Raumbegriff gegenüber ein an und für sich fremdes Hilfsmittel<sup>1)</sup> ist, gebunden wären, wird es sich empfehlen, der gebräuchlichen Aussage in der Koordinatensprache eine entsprechende Aussage in der Vektorensprache zur Seite zu stellen:

Es müssen gewisse im Raum sich abspielende Bewegungsvorgänge vektoriell im Sinne der Vektorenrechnung gefaßt werden oder präziser: Es müssen gewisse im Raum zu studierende Bewegungsgrößen als gerichtete Größen, als Vektoren gefaßt werden.

Dieser Aussage steht gegenüber die phänomenologische Auffassung von der Relativität aller Bewegungsvorgänge. Eine gewisse Relativität lassen auch die erwähnten Aussagen zu. Anfangspunkt und Richtung der Koordinaten, also Lage des Koordinatensystems im Raume sind gleichgültig; nur muß, wenn für eine bestimmte Untersuchung einmal über das im Raume feste Koordinatensystem mit seinem Anfangspunkte verfügt ist, diese Verfügung dauernd im Auge behalten bleiben. Es ist das Studium drehender Bewegungen, axialer Vektoren (Rotoren), um welches es sich hier handelt.

*Newton's absoluter und relativer Raum.* — Newton spricht in seinen Prinzipien von dem absoluten und dem relativen Raum, und diese Unterscheidung hat zu mannigfachen, nicht immer zutreffenden Diskussionen Veranlassung gegeben. Insbe-

---

1) Ein solches fremde Hilfsmittel ist auch der von Carl Neumann eingeführte Bezugskörper Alpha: Über die Prinzipien der Galilei-Newton'schen Theorie. Akademische Antrittsvorlesung. Leipzig 1870.

sondere haben phänomenologische Betrachtungen in Newton's absolutem Raum das Hineintragen metaphysischer Momente erblickt; zu einer solchen Auffassung mag in vielen Fällen die Aufnahme des Wortes „absolut“ in Newton's Bezeichnung „absoluter Raum“ einen mehr äußeren Anlaß gegeben haben. In der Physik hat das Wort „absolut“ in Fällen Eingang gefunden, in denen von vornherein an etwas Metaphysisches überhaupt nicht zu denken war — ich erinnere an die Bezeichnung von Gauss<sup>1)</sup> „absolutes Maßsystem“. Ganz analog wird Newton's Unterscheidung der absoluten und relativen Begriffe gleichen Namens um so weniger verdächtigt werden dürfen, als Newton sie unter direkter Bezugnahme auf wissenschaftliche Erfahrung und auf experimentelle Tatsachen eingeführt hat. Neben direkten, experimentellen Hinweisen spielen der Natur der Sache entsprechend auch Hinweise auf die Anforderungen eine Rolle, welche der kommende — von Newton später auseinander zu setzende — Ausbau des wissenschaftlichen Systems stellt.

Vom Standpunkte der Relativität aller Bewegungen im Raume müßten die bekannten Zentrifugalerscheinungen einer rotierenden Flüssigkeitsmasse im Weltraume gleich ausfallen, ob wir uns die Flüssigkeitsmasse dem ruhenden Fixsternhimmel gegenüber als rotierend oder den Fixsternhimmel der ruhenden Flüssigkeitsmasse gegenüber als rotierend vorstellen.<sup>2)</sup> Die Newton'schen Grundsätze fordern das eine, leugnen das andere — abgesehen davon, daß die Vorstellung eines rotierenden Fixsternhimmels eine überaus komplizierte Vorstellung der Wirkung von Kräften im Sinne Newton's in sich schließen würde — eine Voratellung,

1) Die Unzweckmäßigkeit der Bezeichnung „absolut“ in diesem Zusammenhange kann ohne weiteres zugegeben werden. Die Bezeichnung „mechanisches Maßsystem“ oder „Maßsystem der Mechanik“ würde allen Zwecken besser entsprechen.

2) E. Mach: Die Mechanik. 4. Auflage. Leipzig 1901. S. 242, 243. 6. Auflage. Leipzig 1908. S. 246, 247.

welche eigentlich überhaupt außerhalb der Möglichkeit der Newton'schen Gedankenwelt läge.

Die phänomenologische Auffassung von der Relativität aller Bewegungsvorgänge im Raume veranschaulicht Mach lediglich in Fällen, in denen die Bewegung nur zweier Systeme zueinander in Betracht kommt. Diese Veranschaulichung, dieses Gedankenexperiment in der Ausdrucksweise Mach's versagt, — worauf soweit ich sehe, noch nicht hingewiesen ist — sobald die unabhängige Bewegung von mehr als zwei Systemen, also von mindestens drei Systemen gegeneinander in Betracht kommt, wenn wir also z. B. an mehreren sehr weit entfernten Stellen des Fixsternraumes gleichzeitig Flüssigkeitsmassen, welche etwa durch die Gravitation (jede für sich) zusammengehalten werden, rotieren lassen. Es würde dann jede Flüssigkeitsmasse für sich die nach den Grundsätzen Newton's benannten Zentrifugalerscheinungen aufweisen, und von einer Relativität der Bewegungen gegeneinander könnte in diesem Falle nicht mehr gesprochen werden.

### 3.

*Grundbegriff der Zeit. Subjektive und objektive Seiten des Zeitbegriffes.* — Wir kommen zu dem zweiten Grundbegriff der Physik, beziehungsweise der Mechanik — zu dem Begriff der Zeit. In der Postulierung und Ausgestaltung dieses Grundbegriffes ist die Physik — anders wie bei dem Raum-begriff — von vornherein wesentlich auf sich selbst angewiesen, wenn wir die Astronomie wieder unter der Bezeichnung Physik einbegreifen, wie wir das stillschweigend schon zuvor getan haben.

Der Begriff der Zeit hat für den Physiker seine subjektive und objektive Seite:\*)

1) Es ist im folgenden absichtlich eine übereinstimmende Ausdrucksweise mit den vorangegangenen räumlichen Auseinandersetzungen gewählt worden. Man vergleiche auch hier: H. Hertz: Die Prinzipien der Mechanik 1894. S. 53 u. 157.

Die subjektive Seite liegt begründet in dem zeitlichen Anschauungsvermögen des Individuums — in der zeitlichen Anschauungsform a priori nach Kant, von der Kant behauptet, daß wir sie in die Wirklichkeit hineintragen, ohne daß ihr eine äußere Realität entspricht — in der zeitlichen Anschauungsform, welche uns befähigt, unabhängig von der Erfahrung in Verbindung mit der räumlichen Anschauungsform eine Kinematik der materiellen Systeme aufzuführen.

Die objektive Seite liegt begründet in den Erfolgen der Physik, insbesondere der Mechanik, die Zeit aufzufassen: als ein äußeres, von den Erscheinungen an sich unabhängiges Bezugsselement, in dem sich die Erscheinungen vollziehen — als ein Zeichen für Gegenstände der äußeren Erfahrung, welches uns befähigt: abgesehen von dem später noch besonders zu erörternden Begriff der Masse in Verbindung mit dem Begriff des Raumes eine Mechanik der materiellen Systeme in Übereinstimmung mit der Erfahrung aufzuführen — als unabhängige Veränderliche im Sinne des Funktionsbegriffes der Mathematik.

*Frage nach der Relativität der Zeitvorgänge.* — Konnte die Vorstellung eines im Raume festen Koordinatensystems, auf dessen Anfangspunkt es weiter nicht ankam, unser räumliches Anschauungsvermögen unterstützen, so wird unter Umständen die Vorstellung einer festen Zeitkoordinate, auf deren Anfangspunkt es nicht weiter ankommt, unser zeitliches Anschauungsvermögen unterstützen können.

Dieser Aussage gegenüber steht die phänomenologische Auffassung von der Relativität aller Zeitvorgänge. Allerdings sind alle unsere Zeitmessungen zunächst nur relativ, aber über diese relativen Zeitmessungen hinaus erhebt sich für das wissenschaftliche System als solches die Forderung: den Zeitbegriff als unabhängige Veränderliche im Sinne der Mathematik und somit als eine unabhängig von allen

**Bewegungsvorgängen der Natur gleichförmig dahinfließende Größe einzuführen.**

Wir werden auch hier sagen können: Die phänomenologische Auffassung von der Relativität aller Zeitvorgänge wird sich streng genommen immer nur in Fällen durchführen lassen, in denen die Beziehung zweier zeitlicher Vorgänge zueinander in Betracht kommt. Diese Auffassung wird aber versagen, sobald es sich um die Beziehung von mehr als zwei zeitlichen Vorgängen — also von mindestens drei Vorgängen zueinander handelt. Untersuchungen wie die von Laplace über die Veränderlichkeit der Zeitssekunde im Laufe der Jahrtausende können nur in diesem Sinne verstanden werden. Streng genommen ist theoretisch so der Begriff einer unabhängig von allen Erscheinungen gleichförmig dahinfließenden Zeit aus astronomischen Rechnungen und Messungen in Verbindung mit verwickelten Rechnungen zu konstruieren; praktisch könnte er als eine Art Interpolation hingestellt werden, welche nichts anderes, als die denkbar möglichste Einfachheit der Darstellung der Erscheinungswelt bezweckt, sobald eine Zeitmessung dabei in Frage steht. Ein absolut genau gehendes Chronometer, welches in alle Ewigkeit den gleichen Gang aufweist, ist praktisch nicht herstellbar — aber theoretisch ist durchaus zulässiger Gedanke. Keine Tatsache widerstreitet, sich einen solchen, unabhängig von allen anderen zeitlichen Erscheinungen laufenden Zeitmesser zu denken und auf ihn die zeitlich sich abspielenden Erscheinungen zu beziehen.

Ebenso wie auf diese Weise eine, für die überwiegende Mehrzahl der Fälle über das gegenwärtige, wissenschaftliche Bedürfnis hinausgehende, sehr präzisierte Konstruktion einer Zeiteinheit aus Bewegungsvorgängen während Jahrtausender nur durch eine gegenseitige Beziehung verschiedener astronomischer Resultate aufeinander erschlossen werden könnte, so kann auch der Nachweis der Existenz einer unabhängig von allen Bewegungsvorgängen der Natur, absolut gleich-

förmig dahinfließenden Zeit nicht ohne weitere Aufstellung anderer Postulate hingestellt werden.

*Newton's absolute und relative Zeit.* — Newton spricht in seinen Prinzipien von der absoluten und relativen Zeit, und diese Unterscheidung hat, wie ich das für die analogen Raumbegriffe ausgeführt habe, zu mannigfachen Diskussionen Veranlassung gegeben. Auch hier wird zu bemerken sein, daß man in der Bezeichnung „absolute Zeit“ nicht sogleich an einen metaphysischen über den Erscheinungen schwebenden, außerhalb der Erscheinungen liegenden Begriff zu denken haben wird. Die inneren physikalischen Gründe, neben einem relativen Zeitbegriff einen sogenannten absoluten Zeitbegriff einzuführen, sind ja soeben von mir im Anschluß an die Untersuchungen von Laplace über die Veränderlichkeit der Zeitsekunde berührt worden; auf die Bezeichnung „absolut“ wird auch hier kein besonderer Wert zu legen sein.

## 4.

*Grundbegriff der Masse. Subjektive und objektive Seiten des Massenbegriffs.* — Ich komme zu dem dritten Grundbegriff der Mechanik — zu dem Begriff der Masse. In der Postulierung und Gestaltung dieses Grundbegriffes war geschichtlich die Mechanik in noch viel höherem Grade auf sich angewiesen, als das bereits von dem Zeitbegriff gesagt werden konnte.

Auch der Begriff der Masse hat seine subjektive und objektive Seite:

Die subjektive Seite liegt begründet in dem einer Ausbildung fähigen Vermögen des Individuums ein Merkmal im Raume fixieren zu können, durch welches wir einem bestimmten Punkte des Raumes zu einer gegebenen Zeit eindeutig zuordnen einen bestimmten Punkt des Raumes zu jeder anderen Zeit.<sup>1)</sup>

1) Auch hier vergleiche man H. Hertz: Die Prinzipien der Mechanik 1894. S. 53, 54 u. S. 157, 158.

Die objektive Seite liegt begründet in den Erfolgen der Mechanik, die Masse anzufassen: als eine äußere, von den Grundbegriffen des Raumes und der Zeit unabhängige Größe, deren Wert sich als einflußreich für die Welt der Erscheinungen erweist — als ein Zeichen für die Gegenstände äußerer Erfahrung, welches uns befähigt in Verbindung mit den Grundbegriffen des Raumes und der Zeit eine Mechanik der materiellen Systeme in Übereinstimmung mit der Erfahrung aufzuführen.

Ebenso wie wir die Grundbegriffe des Raumes und der Zeit postulieren<sup>1)</sup>: Es gibt einen Raum von ganz bestimmten geometrischen Eigenschaften, in dem sich die Wirklichkeit abspielt; den Euklid'schen Raum — und weiter: Es gibt eine unabhängig von allen Erscheinungen gleichmäßig dahinfließende Zeit — so werden wir auch den einzuführenden Massenbegriff postulieren müssen.

*Satz von der Erhaltung der Masse.* — Der Begriff der Masse findet seine Fähigkeit einer Größenbestimmung in dem Postulat von dem Satz der Erhaltung der Masse. Der Satz von der Erhaltung der Masse wird in diesem Zusammenhang etwa so zu charakterisieren sein: Es gibt eine Größe, — die Masse — welche bei allem Wechsel der Erscheinungen sich unverändert erhält, welche auf natürlichem Wege weder zerstört noch erschaffen werden kann, deren Eigenschaften nicht a priori eingeführt werden können, sondern erforscht und studiert und in ihren mannigfachen Beziehungen zur Wirklichkeit aufgedeckt sein wollen. Wir können so an der Schwelle, wo wir den Begriff der Masse einzuführen unternehmen, diese Größe in ihrer Existenz zunächst nur in unsicheren Linien skizzieren. Je mehr wir die Wirklichkeit kennen lernen, desto deutlicher und bestimmter wird dieser

1) Ich schließe mich im folgenden an meine Darstellung aus meiner „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“. Lpz. 1900. S. 71 u. 72.



Massenbegriff hervortreten und sich auch begrifflich präzisieren und numerisch messen lassen; zunächst aber fehlen uns dazu alle Mittel.

Diese provisorische, zunächst unbestimmte Fassung des Postulats ermöglicht seine universelle Verwertung. Die einzelne Anwendung wird den Begriff der Masse in einer Richtung präzisieren lehren; wollte man aber diese Anwendung dem Ganzen zugrunde legen, dann würde man diese Größe wieder der Möglichkeit einer universellen Verwertung entziehen. Man kann die Einführung dieser Größe als Postulat nur durch Bezugnahme auf Künftiges rechtfertigen.

Das Postulat von der Erhaltung der Masse wird für sich genommen zunächst genau so inhaltsleer sein, wie es das Postulat des Raumes oder der Zeit für sich ist. Auf der einen Seite fordern wir logisch die Möglichkeit der Isolierung dieser Begriffe aus der Welt der mannigfaltigen Beziehungen, welche die Wirklichkeit aufweist, auf der anderen Seite offenbart sich die systematische Bedeutung dieser Begriffe gerade in der Mannigfaltigkeit der Beziehungen, mit der diese Begriffe in der Wirklichkeit auftreten und eine Rolle spielen.

Durch die Eigenart dieser Postulate findet sich der Ausgangspunkt unserer Darstellung sehr gut charakterisiert, daß die Physik ein System mit rückwirkender Verfestigung ist. Die Postulate sind sozusagen Anweisungen, die an den Stellen eingelöst werden, an denen die Rückverweisung stattfindet. So kommt die rückwirkende Verfestigung und Versicherung des physikalischen Systems als eines Gesamtorganismus zustande.

*Newton's Definition der Masse.* — Newton bemerkt am Anfange seiner Prinzipien in dem berühmten *Scholium*, welches seinen *Definitiones* folgt und seinen *Axiomata sive Leges motus* vorangeht, sehr richtig: „Zeit, Raum, Ort und Bewegung, als allen bekannt, definiere ich nicht.“ Newton hätte ebenso sagen können: den Begriff der Masse definiere ich nicht,

wenn er es nicht gewesen wäre, der diesen Grundbegriff in die Wissenschaft eingeführt hätte, wenn zu seiner Zeit dieser Begriff nicht einer besonderen Auseinandersetzung bedurft hätte — einer besonderen auch in der Richtung, in welchem Sinne dieser neue Grundbegriff anzunehmen wäre.

Berücksichtigt man den enormen Fortschritt, der für die Mechanik durch Einführung des Massenbegriffs über die Galilei'sche Forschung hinaus gegeben war, so wird man es nicht nur begreiflich, sondern durchaus gerechtfertigt finden, daß Newton den Massenbegriff (*quantitas materiae*) geradezu an die Spitze seiner Prinzipien stellt, und seine Erörterungen mit Auseinandersetzungen dieses von ihm eingeführten, beziehungsweise einzuführenden Grundbegriffes und einiger mit ihm zusammenhängender weiterer — damals wenig bekannter und gebräuchlicher Begriffe beginnt. Lediglich in diesem Sinne wird der mit „*Definitiones*“ überschriebene einleitende Abschnitt der Prinzipien aufzufassen sein — bemerkt doch Newton am Anfange des erwähnten Scholiums ausdrücklich: „Bisher erschien es angemessen auseinanderzusetzen, in welchem Sinne weniger bekannte Ausdrücke in der Folge anzunehmen sein werden.“ (*Hactenus voces minus notas, quo sensu in sequentibus accipiendae sint, explicare visum est.*)

Gerade die Definition des von Newton eingeführten Massenbegriffs hat in den letzten Jahrzehnten zahllose Erörterungen hervorgerufen, von denen auch nicht eine ganz frei von kritischen Ausstellungen ist. Allen diesen Erörterungen gegenüber stehe ich nicht an zu erklären, daß meines Dafürhaltens kein einziger dieser Kritiker Newton vollständig gerecht geworden ist. In vielen Fällen mögen weniger glückliche Übersetzungen und Übersetzungsversuche des lateinischen Urtextes das Ihre dazu beigetragen haben, die durchaus klare Darstellung des Originals zu verdunkeln.<sup>1)</sup>

1) Ich kann an dieser Stelle um so mehr davon absehen, auf die einschlägigen Diskussionen einzugehen, als ich in den beiden anhangs-

## 5.

*Vorbemerkungen zu den Verknüpfungsaxiomen und Postulaten der Newton'schen Mechanik.* — Ich komme zu den Verknüpfungspostulaten der Newton'schen Mechanik: den Prinzipien der Trägheit, der Actio und der Reactio.

Haben wir im Vorhergehenden lediglich induktiv — zunächst mehr subjektiv, als objektiv die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse als axiomatische Grundbegriffe oder Begriffspostulate der Mechanik Newton's hingestellt, so befähigt diese — wir können sagen provisorische — Hinstellung der erwähnten Begriffe als Grundbegriffe uns noch in keiner Weise zu einer direkten deduktiven Verwertung, dazu erscheint die Aufstellung weiterer Axiome beziehungsweise Postulate erforderlich, welche wir Verknüpfungs- oder Bezugsaxiome (Postulate) nennen — lediglich dazu geschaffen und hingestellt, uns aufzufordern: bei allen Bewegungserscheinungen der Mechanik die Verknüpfungen, in denen hier die Grundbegriffe auftreten, unter bestimmten Gesichtspunkten, nach bestimmten Normen zu studieren.

Ebenso wie die Aufstellung der Grundbegriffe bereits ein erhebliches, konkretes Erfahrungsmaterial zur Voraussetzung hat, in welches begriffliche Abstraktion einsetzt, so werden wir ein Gleiches in erhöhtem Grade für die Aufstellung der drei an die Spitze gestellten Grundsätze Newton's voraussetzen haben. Diese Abstraktionsfähigkeit wird um so stärker in Anspruch genommen werden müssen, als die direkte Anwendung der drei Newton'schen Grundsätze auf die Bewegungserscheinungen des gewöhnlichen Lebens zunächst aus dem Grunde erschwert erscheint, als diese an der Erdoberfläche vor sich gehenden Bewegungserscheinungen im Sinne des Systems der Newton'schen Mechanik keine

---

weise abgedruckten Aufsätzen am Schluß meines Buches ausführlicher darauf zurückgekommen bin.

einfachen Vorgänge darstellen, welche zur direkten Erläuterung der Newton'schen Grundsätze geeignet wären. Im Sinne der Newton'schen Mechanik sind diese an der Erdoberfläche vor sich gehenden Bewegungserscheinungen bereits verwickelte Vorgänge. Die Komplikation liegt hier in dem Auftreten der Erscheinungen, welche unter der Bezeichnung „Reibung“ zusammengefaßt zu werden pflegen und die Auffassung einfacher Vorgänge erschweren — sowie in dem Vorherrschen einer überaus starken Kraft: der Schwerkraft. Erfahrungsgemäß ist es tatsächlich auch die sich reibungslos vollziehende Bewegung der Himmelskörper gewesen, welche trotz der erheblich erschwerten Beobachtungsmöglichkeit in erster Linie die induktive Aufstellung der Newton'schen Grundsätze erleichterte — soweit von Erleichterung überhaupt auf diesem schwierigen Gebiete gesprochen werden konnte.

So waren es im wesentlichen Beobachtungen und nicht Experimente, welche Newton zur Gesamtheit der Aufstellung seiner Grundsätze führten, wenn wir unter Beobachtung die wissenschaftliche Wahrnehmung der ohne unser Zutun, ohne unsere Veranlassung sich vollziehenden Vorgänge der äußeren Natur durch unsere Sinne und Instrumente — unter Experiment die wissenschaftliche Wahrnehmung der unter unserem Zutun, unter unserer Veranlassung eingeleiteten und sich vollziehenden Vorgänge der äußeren Natur verstehen. Instrumente spielen hierbei keine andere Rolle als die einer „Erweiterung unserer Sinne“ — um mich des treffenden Ausdrucks von O. Wiener<sup>1)</sup> zu bedienen.

Auch an dieser Stelle werde ich von neuem daran zu erinnern haben, daß das System Newton's einen in sich geschlossenen, gegliederten Organismus darstellt, daß diesem System bei seiner Begründung, wie jedem Systeme gewisse Verfügungsrechte zugestanden werden müssen — zu diesem

1) O. Wiener: Die Erweiterung unserer Sinne. Akademische Antrittsvorlesung. Lpz. 1900.

Verfügungsrechte gehört auch die Freiheit zu wählen, welche Erscheinungen als einfach zu bezeichnen sind, welche nicht — welche Erscheinungen Ausgangspunkte der Betrachtung bilden sollen, welche nicht.

Nach diesen Vorbemerkungen schicke ich mich an, die drei Grundsätze Newton's — von ihm *Axiomata sive Leges motus* genannt — in ihrer Stellung zu dem System der Mechanik zu charakterisieren: das Trägheitsprinzip, das Aktionsprinzip, das Reaktionsprinzip.

## 6.

*Das Trägheitsprinzip und seine Formulierung.* — Wir beginnen mit dem Trägheitsprinzip in Newton's Fassung: Jeder Körper — jede Masse — beharrt im Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in gerader Richtung, sofern er nicht durch äußere Kräfte — *vires impressae* — gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.

Für das Trägheitsprinzip und seine Fassung gilt das, was schon in den an der Spitze des Vortrags gestellten einleitenden Auseinandersetzungen ausgesprochen ist, daß auf die Form der Fassung kein allzu großes Gewicht zu legen sein wird; das ist in dem Wesen der Induktion, die den Grundsatz aufzustellen hat, begründet. Ich stehe aber keinen Augenblick an, die von Newton gewählte Fassung des Trägheitssatzes für angemessen und glücklich zu erklären.<sup>1)</sup>

*Gegenüberstellung der Auffassung von Galilei und Newton zu der des Altertums.* — In Vertretung und Wahrnehmung unseres Standpunktes, daß die Erkenntnistheorie gerade aus geschichtlichen Rückblicken ihr wertvollstes Material entnimmt, werden wir uns an dem Gegensatze zum Altertum den Inhalt des Trägheitssatzes klar zu machen haben.

1) Ich verweise auch hier auf den anhangsweise abgedruckten Aufsatz über Newton.

Das Trägheitsprinzip nimmt Stellung zu der Frage, welchen Bewegungsvorgang wir uns als den einfachsten vorzustellen haben. Die Physik Galilei's und Newton's postuliert für die Beantwortung dieser Frage eine wesentlich andere Auffassung als die Physik des Altertums.

Die Physik des Altertums stellte den Zustand der Ruhe als natürlichsten Zustand dem Zustande der Bewegung gegenüber; sie bevozugte weiter bei der Betrachtung von Bewegungszuständen die Bewegung im Kreise, in kreisförmiger Bahn. In der Hervorkehrung und Betonung dieser Gesichtspunkte werden wir heute — wollen wir dem Altertum gerecht zu werden versuchen — ein mehr ästhetisches, als ein erkenntnistheoretisches Moment zu erblicken haben, wie denn die hervorragende Beanlagung des Altertums für die Ästhetik — und wir können wohl hinzufügen gerade für die Ästhetik der Natur — der Entwicklung und Bildung einer naturwissenschaftlichen Erkenntnis nicht allzu förderlich gewesen sein mag. Wir werden im letzten Vortrage Gelegenheit nehmen, darauf hinzuweisen, daß eine ästhetische Auffassung der Natur noch im verflossenen Jahrhundert bisweilen die wissenschaftliche Auffassung der Natur gekreuzt hat.

Die Physik Galilei's und Newton's betrachtet den Zustand der Ruhe als speziellen Fall der Bewegung, insbesondere der Bewegung in gerader Bahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Bei einem solchen Bewegungszustande in gerader Bahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit, welchen Galilei und Newton als den einfachsten postulieren, ist aber nicht an eine mit Reibung sich vollziehende, geradlinige Bewegung an der Erdoberfläche gedacht, also nicht an das geläufige Bild eines Wagens, der von Pferden in geradliniger Richtung gezogen wird, durch welches sich die Physik des Altertums zu einem Teile irreleiten ließ, — an welches diese Physik die Vorstellung knüpfte, daß lediglich eine Kraft nötig wäre, um eine Bewegung dauernd zu erhalten, daß die Bewegung mit Einstellung der Kraft aufhöre.

Die Physik Newton's stellt vielmehr an unser Abstraktionsvermögen die erfahrungsgemäß durchaus nicht einfache Anforderung, sich die Bewegung in geradliniger Bahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit ohne Kraft vorzustellen.

*Innere Gründe für den Trägheitsatz.* — Für die Zweckmäßigkeit und Angemessenheit des Trägheitsprinzipes können wir eine Menge Erfahrungstatsachen geltend machen, nicht daß die eine oder andere Tatsache im Sinne einer physikalischen Präzisionsmessung das Trägheitsprinzip auf das genaueste bestätigt — das geht schon deshalb nicht an, weil es unmöglich ist, die Voraussetzungen, unter denen das Trägheitsprinzip als gültig hingestellt wird, in voller Reinheit und Isolation experimentell zu realisieren. Im Gegenteil: die Wirklichkeit zeigt in ihrer Komplikation, daß wir das Trägheitsprinzip isoliert für sich durch die Erfahrung nicht bestätigen können, sondern nur immer im Zusammenhange und in Verbindung mit anderen Grundsätzen. Einer erfahrungsgemäßen Bestätigung zugänglich ist immer nur das ganze System als solches, nie ein einzelner Teil für sich. Die Schärfe der Abstraktion, welche die Teile sondert, welche die Grundbegriffe und die Grundsätze einzeln der Reihe nach aufführt, hat an dieser Stelle zu ersetzen, was das Experiment für sich allein nicht zu gewähren vermag.

*Rückwirkende Gründe für Newton's Unterscheidung einer absoluten und relativen Orientierung im Raume.* — Hier ist auch der Ort auf die Unterscheidung zurückzuverweisen, welche Newton bei seinen Auseinandersetzungen über Raum und Bewegung vorzunehmen für angemessen fand. Die Postulierung des Trägheitsprinzipes und die weiter im Anschluß an dieses Prinzip vorzunehmende Postulierung des Aktionsprinzipes ist für das Newton'sche System der innere, tiefer liegende Grund die Relativität der im Raume sich abspielenden drehenden Bewegungsvorgänge als nicht ausreichend für die Erfordernisse eines wissenschaftlichen Systems hin-

zustellen. Die Phänomenologie, welche sich an der Relativität drehender Bewegungsvorgänge genügen lassen will, hält innerlich damit eine rein kinematische Auffassung in Fällen für ausreichend, in denen das Newton'sche Trägheitsprinzip bereits auf die Notwendigkeit einer über die Kinematik hinausgehenden kinetischen Auffassung<sup>1)</sup> und damit auf die Existenz des Massenbegriffs hinweist.

## 7.

*Das Aktionsprinzip und seine Formulierung.* — Ich komme zu dem zweiten Grundsatz der Mechanik Newton's; ich will diesen Grundsatz das Aktionsprinzip nennen. Es handelt sich um den Satz in der Fassung Newton's: Die Änderung der Bewegung ist der äußeren bewegendem Kraft proportional und findet in der Richtung statt, in der sich jene Kraft äußert.

In Übereinstimmung mit unseren einleitenden Auseinandersetzungen am Anfange dieses Vortrags werden wir wieder die Form der Fassung des Grundsatzes nicht zu überschätzen haben, diese Form der Fassung ist eine Sache für sich — ist teilweise Geschmackssache. Nachdem sich die Anwendung des Grundsatzes in einer zahllosen Menge von Beispielen bewährt hat, kann es für erkenntnistheoretische Untersuchungen, wie die vorliegenden, nur darauf ankommen, das Aktionsprinzip in Hinblick auf seine Anwendungen im ganzen, wie in seinen einzelnen Teilen und Ausdrücken näher zu erläutern und zu erklären.

In den Zusammenhang der vorliegenden Darstellung paßt vielleicht besser folgende Modifikation der Newton'schen

---

1) Die Mechanik [unterscheidet Kinematik und Kinetik. Kinematik — auch Phoronomie — ist die reine Bewegungslehre, welche sich auf die Verwertung der Begriffe des Raumes und der Zeit beschränkt. Die Kinetik — Dynamik — strebt durch Einführung eines weiteren Hilfsbegriffs, des Begriffs der Masse, eine tiefere Auffassung der Bewegungsvorgänge an.



**Fassung:** Eine äußere Kraft macht sich an einem Körper — einer Masse — durch Änderung seiner Geschwindigkeit und damit seiner Bewegungsgröße bemerkbar; wir fassen diese Änderung der Bewegungsgröße als Richtungsgröße auf und nennen sie *Actio* — Kraft.

*Beziehung des Aktionsprinzipes zum Trägheitsprinzipe und zum Massenbegriff.* — Das Aktionsprinzip lehnt sich auf das engste an das Trägheitsprinzip an, seine Beziehungen zu dem Trägheitsprinzip werden daher in den Vordergrund der Betrachtung gerückt werden müssen. Es entspricht dies durchaus der Auffassung Newton's, wie eine Stelle am Ende seiner Optik<sup>1)</sup> lehrt, die wir hier folgen lassen:

Newton sagt: „Das Gesetz der Trägheit ist ein passives Prinzip, nach welchem die Körper in ihrer Bewegung oder Ruhe beharren, in dem Maße Bewegung empfangen und Widerstand leisten, als ihnen andere Körper widerstehen. Durch dieses Prinzip allein würde es niemals Bewegung in der Welt geben. Es ist ein Prinzip notwendig, um die Körper in Bewegung zu setzen, ein anderes, um sie in Bewegung zu erhalten.“ Diese Stelle aus Newton's Optik legt nahe Lex II als aktives Prinzip, Lex I als passivem Prinzip gegenüberzustellen; darin findet im Sinne Newton's die abgekürzte Bezeichnungsweise Aktionsprinzip für den Inhalt von Lex II ihre tiefere Rechtfertigung.

Schon das Trägheitsprinzip enthält implicite in sich den Begriff der Masse, in diesem Sinne spricht man von der Masse als Quantität der Trägheit, als Beharrungsvermögen der Körper, als dem Vermögen der Körper, soviel an ihnen liegt, zu verharren in ihrem Zustande, d. h. im Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in gerader Rich-

1) Newton: Optik, Buch III. Ostwald's Klassiker. Nr. 97. S. 141.

tung. Dieses Vermögen der Körper beruht auf einer *vis insita*.

Das Aktionsprinzip übernimmt diesen schon im Trägheitsprinzip implicite enthaltenen Begriff der Masse. Eine Masse wird einer äußeren Kraft einen um so größeren Widerstand entgegensetzen, um so weniger nachgeben, eine je größere Quantität der Trägheit, ein je größeres Beharrungsvermögen sie darstellt.

Die Möglichkeit einer Kraft, sich zu äußern, auf die Körper zu wirken, ihren Zustand zu ändern, d. h. den Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in gerader Richtung, beruht auf einer *vis impressa*.

Die Bewegung, den Bewegungszustand eines Körpers charakterisieren wir durch das Produkt aus der Masse dieses Körpers und seiner Geschwindigkeit — durch seine Bewegungsgröße, wie wir dieses Produkt auch nennen. Nach Newton's Grundsätzen gilt der Satz von der Erhaltung der Masse, und so kann bei einer Änderung der Bewegungsgröße eines Körpers auch nur eine Änderung seiner Geschwindigkeit in Frage kommen — das ist wohl auch der Grund, weshalb Newton in seiner Fassung des Aktionsprinzips den Ausdruck der Proportionalität der äußeren Kraft mit der Änderung der Bewegung bevorzugt; die Masse ist dann der Proportionalitätsfaktor.<sup>1)</sup> Die Änderung der Bewegungsgröße zu studieren, fordert das Newton'sche Aktionsprinzip nun in allen den Fällen auf, in denen das Trägheitsprinzip verletzt erscheint.

Die Änderung der Bewegung (der Geschwindigkeit) und damit der Bewegungsgröße eines Körpers kann eine plötzliche oder stetige sein; im ersten Falle sprechen wir von einem Stoß, im zweiten Falle von einer Kraft im besonderen Sinne des Wortes. Der zweite Fall ist der für die

1) Somit erscheint auch Kirchhoff's Massendefinition implicite in Newton's Grundsätzen enthalten. Kirchhoff: *Mechanik*. Lpz. 1877, S. 23.

Natur wichtigere Fall; das rechtfertigt die Einführung einer besonderen Bezeichnung für die Änderung der Geschwindigkeit bezogen auf die Zeit, in der sie stattgefunden hat: die Einführung des Begriffes der Beschleunigung.

*Der Begriff der Actio als Richtungsgröße.* — Wir sind nun hinreichend vorbereitet, den Begriff der *Actio* geradezu als Abweichung des Trägheitsprinzipes definieren zu können. Wie das Trägheitsprinzip auf die gerade Linie als naturgemäße Bahn Bezug nimmt, wird auch der eingeführte Begriff der Beschleunigung und der *Actio*, welche wir nunmehr als das Produkt aus Masse und Beschleunigung definieren, sich an den Begriff der geraden Richtung und damit an den Vektorenbegriff anzulehnen haben. Wir können somit sagen: das Aktionsprinzip fordert dazu auf, die Beschleunigung und mit ihr die *Actio* als eine Vektorgröße, als eine gerichtete Größe einzuführen — eine Größe besonderer Richtung, welche allgemein genommen mit der Richtung der Bahn nichts gemein hat, ganz unabhängig davon ist.

Die Bezugnahme auf ein den Bewegungsvorgängen an sich fremdes Koordinatensystem hat erfahrungsgemäß auch hier die nähere, zur Anwendung geschickte Fassung der Begriffe Beschleunigung und *Actio* erleichtert und unzweckmäßige Begriffsbildungen durch die Vorschrift zu vermeiden gelehrt: in allen zweifelhaften Fällen zunächst die Beschleunigungen für die einzelnen Koordinaten zu bilden — mit anderen Worten die Beschleunigungskomponenten — und erst aus diesen die Resultante. Wie mit den Beschleunigungen ist mit den Aktionen zu rechnen.

Wir werden auch in dieser, im Anschluß an den Trägheitssatz vorgenommenen Fassung des Begriffes der *Actio* als Vektorgröße einen rückwirkenden Grund für die Unterscheidung zu sehen haben, welcher Newton den Ausdruck einer absoluten und relativen Orientierung im Raume gab.

Die Nötigung zu einer solchen Unterscheidung würde in diesem Falle erst bei der Annahme aufhören, nach der in der Natur ausnahmslos nur Zentralkräfte, d. h. Kräfte in der Richtung der Verbindungslinie der Elemente der Körper — wie speziell bei dem Gravitationsgesetze — vorliegen, eine Annahme, die in den Grundsätzen von Newton nicht enthalten ist.

## 8.

*Das Reaktionsprinzip und seine Formulierung.* — Ich komme zu dem dritten Prinzip der Mechanik Newton's, dem Reaktionsprinzip: der *Actio* immer entgegengesetzt und gleich ist eine *Reactio* oder die gegenseitigen Aktionen zweier Körper (zweier Massen) aufeinander sind immer gleich und nach entgegengesetzten Seiten gerichtet.

Unsere früheren Bemerkungen, daß wir keine allzu übertriebenen Anforderungen an die Fassung der Grundsätze zu stellen haben, werden auch hier von neuem in Erinnerung zu bringen sein, schon die doppelte Fassung des vorliegenden Grundgesetzes von Newton steht damit in Einklang. Es wird auch hier alles auf die Anwendungen ankommen, und an diesen das Reaktionsprinzip im ganzen sowie in seinen Teilen zu erläutern und zu erklären sein.

*Beziehungen zum Aktionsprinzip und zum Massenbegriff.* — Lehnte sich das Aktionsprinzip auf das engste an das Trägheitsprinzip an, so lehnt sich das Reaktionsprinzip auf das engste an das Aktionsprinzip an. Es weist darauf hin, daß eine *Actio* innerhalb eines Systems niemals isoliert für sich auftritt, sondern immer nur in Verbindung mit andern Aktionen; scheint doch in einem Falle eine isolierte *Actio* für sich vorzuliegen, so haben wir kein vollständiges System vor uns, nur einen Teil eines solchen und wir werden den anderen Teil des Systems suchen müssen, in dem die *Reactio* auftritt.

Es wird in Hinblick auf die Anwendungen nicht angebracht sein, die *Reactio* immer als eine einzelne *Actio* sich vorzustellen, die *Reactio* kann als Gegenwirkung einer *Actio* in Form eines ganzen Komplexes von Aktionen auftreten, und dann würde nach dem Newton'schen Grundsatz dieser gesamte Komplex von Reaktionen der *Actio* das Gleichgewicht halten. So treten bei Bewegungsvorgängen fester Körper in Gasen oder Flüssigkeiten Widerstands- und Reibungskräfte als Reaktionen auf, die sich über größere Räume innerhalb des widerstehenden Mediums verteilen und eine Beschreibung der tatsächlich vorliegenden Bewegungserscheinungen sehr komplizieren können.

Das Reaktionsprinzip ist das Relativitätsprinzip der Newton'schen Mechanik, das erst in Verbindung mit dem eingeführten Begriffe der Masse seine Fassung finden kann. Während die beiden ersten Prinzipie, das Trägheitsprinzip und das Aktionsprinzip die Aufmerksamkeit auf den Bewegungszustand einer Masse konzentrieren, lenkt das dritte Prinzip die Aufmerksamkeit auf das Bestehen einer gegensätzlichen, reziproken Beziehung zwischen mindestens zwei Massen hin; wir können so das Reaktionsprinzip auch als ein Reziprozitätsprinzip charakterisieren.

In dieser Stellung als Relativitätsprinzip werden wir vielleicht auch den tieferen Grund sehen, daß die Phänomenologie Mach's gerade dem Reaktionsprinzip vor den anderen Prinzipien Newton's ihre besondere Anerkennung zollt und gerade auch an dieses ihre Definition der Masse knüpft.<sup>1)</sup>

Dieser Auffassung steht unsere Auffassung gegenüber, daß der Begriff der Masse als Grundbegriff eine eigentliche Definition nicht zuläßt, daß der Begriff der Masse aber natur-

1) E. Mach: Über die Definition der Masse. Carl's Repertorium der Physik 1868. Bd. 4, S. 355 — auch: Die Mechanik in ihrer Entwicklung.

gemäß ebenso wie aus den anderen Prinzipien von Newton auch aus dem Reaktionsprinzip seine Erläuterung finden kann, daß wir dem Begriffe der Masse aber einen großen Teil seines reichen Inhalts nehmen, wenn wir seine Erläuterung lediglich auf das Reaktionsprinzip beschränken und allein daran vornehmen.

9.

*Rückblick auf die Bedeutung der Grundbegriffe und Grundsätze der Newton'schen Mechanik.* — In dem Vorstehenden habe ich an der Hand der Newton'schen Grundbegriffe und Grundsätze die Gesichtspunkte entwickelt, welche für das Newton'sche System der Mechanik in Betracht kommen — nicht in dem Sinne: daß das Newton'sche System im speziellen nun auch für alle Folgezeiten als das einzig in Betracht kommende zugrunde zu legen sein wird, wohl aber in dem Sinne: an einem historisch überaus wichtigen Beispiele zu erweisen, welche außerordentlich mannigfaltigen Momente von erkenntnismäßig ganz verschiedener Stellung und Bedeutung bei Auf- führung und Darstellung eines wissenschaftlichen Systems der Physik überhaupt in Frage stehen.

Die Stellung der Grundbegriffe und der Grundsätze der Newton'schen Mechanik will in ihrer Eigenart gewürdigt werden, ihre Auseinandersetzung bedarf einer besonderen Darstellung und Behandlung, an welche besondere Ansprüche zu stellen sind. Diese Ansprüche werden wir bis zu einem gewissen Grade als solche künstlerischer Art bezeichnen können, insofern bei der Auswahl und Gruppierung der Grundbegriffe und Grundsätze ein Kompromiß zu schließen ist — ein Kompromiß zwischen den verwickelten Eindrücken der äußeren Erfahrungswelt einerseits und den nach Einfachheit ringenden Anforderungen unseres inneren Verstandes andererseits. Eine so charakterisierte, den Verhältnissen angemessene Behandlung, wie sie sich bei New-

ton findet, wird darum aber noch nicht als ungenau oder als unwissenschaftlich zu bezeichnen sein. Ein solches Urteil würde nur darauf hinweisen, daß ein den Newton'schen Grundbegriffen und Grundsätzen angemessen einzunehmender Standpunkt noch nicht gewonnen ist, sondern erst noch zu gewinnen sein wird. Ein solches Urteil verkennt die Rolle der Induktion, welche hier mitspielt.

*Tragweite durch die Entwicklung der Wissenschaft bedingter Modifikationen des Newton'schen Systems.* — Das Newton'sche System hat 200 Jahre hindurch eine unumschränkte Herrschaft ausgeübt, an ihm hat sich bisher jeder feinere erkenntnismäßige Ausbau entwickelt und auch entwickeln können. Das wird zu berücksichtigen sein, wenn nunmehr das dritte Jahrhundert sich anschickt, Newton's Grundsätze und System zu modifizieren und durch ein anderes System zu ersetzen, wenn die Gegenwart die Tendenz aufweist, hinfort die Physik weniger auf der Mechanik, als auf der Elektrodynamik aufzuführen: die Elektrodynamik als die fundamentale Disziplin der Physik zu proklamieren, der selbst die Mechanik unterzuordnen sein wird.

Es bedeutet das für die wissenschaftliche Systematik unendlich viel mehr, als den Ersatz einer Theorie durch eine andere, wie sie die Geschichte der Physik für eine Reihe von Spezialdisziplinen während der letzten Jahrzehnte aufgewiesen hat: ich erinnere an die Ablösung der elastischen Lichttheorie durch die elektromagnetische Lichttheorie, an die Ablösung der alten Elektrodynamik durch die Elektrodynamik Maxwell's und seiner Nachfolger. Es weist das auf die Notwendigkeit hin, über kurz oder lang eine neue Terminologie, eine neue Sprache zu schaffen — ich erinnere nur daran, wie abhängig sich bisher die Terminologie der Physik von den Grundlagen ihres Systems erwiesen hat.

Die Entwicklung in der angedeuteten Richtung ist noch zu wenig vorgeschritten, um den zu erwartenden Gewinn

für eine Theorie der Erkenntnis ganz klar zu zeichnen. Daß der Gewinn erheblich und überaus instruktiv sein wird, ist selbstverständlich, die Induktion wird neue Triumphe zu feiern haben über die Deduktion alter Schulweisheit. Um so wertvoller wird es für den Augenblick sein, auf die Stellen des alten Newton'schen Systems hinzuweisen, an denen der induktive Zweifel eingesetzt hat und noch weiter einzusetzen haben wird. Auf diesem Wege können gegenwärtig allein Gesichtspunkte für die Erfordernisse gewonnen werden, welche an eine neue Fundamentierung des physikalischen Systems zu stellen sein werden — in erster Linie an die Präzisierung seiner Begriffs- und Bezugspostulate.

*Bisher übliche Kritik an Newton's Grundsätzen. Frage einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kraft.* — Die Grundlagen des Newton'schen Systems sind während der letzten Jahrzehnte wiederholt einer Kritik unterzogen worden, aber diese Kritik hatte meines Dafürhaltens in der Mehrzahl der Fälle nur an Stellen eingesetzt, an denen weniger einzusetzen war — ich erinnere an die vollständige Verkennung des in sich notwendigen und vollkommen begründeten präliminaren Charakters des Grundbegriffs Masse. Es gehörte meines Dafürhaltens zur Verkennung der Sachlage, wenn man, bei den unbestreitbaren Erfolgen des Newton'schen Systems als Ganzem, glaubte, die Mängel der Fundamentierung auf der Oberfläche, in ihren handgreiflichen Äußerungen suchen zu müssen und mit der Kritik an einzelnes anknüpfen zu können. Es ist psychologisch wahrscheinlicher, daß die Mängel der Fundamentierung nicht offen zutage liegen werden, daß die Kritik an das Ganze, vornehmlich an nicht sichtbar zutage liegende Momente, welche der Auffassung des gesamten Systems mehr stillschweigend zugrunde liegen, anzuknüpfen haben wird. Es entspricht mehr der Psyche der Forschung, daß die Kritik größere Erfolge aufzuweisen haben wird, wenn sie das aufsucht und daran anknüpft,



was Newton bei seinen Fundamentierungen auseinanderzusetzen unterlassen hat, was Newton stillschweigend bei seinen Fundamentierungen vorausgesetzt hat, wozu er nach Lage der Dinge Auseinandersetzungen zu machen keinen Anlaß hatte.

Dieser springende Punkt, von dem Newton niemals gesprochen, ist die Frage, ob Kräfte zur Ausbreitung ihrer Wirkung Zeit brauchen oder nicht. Es ist weniger die Frage, ob Fernwirkungen, ob Druckwirkungen realiter existieren, denn es ist bekannt, daß Newton niemals recht an unmittelbare Fernkräfte geglaubt hat, daß seine ganze Ausdrucksweise sich mehr an die Vorstellung einer Druckkraft — *vis impressa* — als an die mehr nach ihm und im Anschluß an ihn entwickelte Vorstellung einer Fernkraft — *actio in distans* — anlehnt.

Es wird in diesem Zusammenhange auch daran zu erinnern sein, daß die Tatsache der Lichtgeschwindigkeit, welche nun schon ein Jahrhundert lang als Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Zustandes gefaßt wird und von der gegenwärtigen Forschung in innigen Zusammenhang mit der Frage nach der zeitlichen Ausbreitung der Kraft gebracht erscheint, von Newton im Sinne der Emissionstheorie als Projektilgeschwindigkeit gefaßt wird — auch ein Moment weniger, welches Newton Veranlassung geben konnte, den Begriff einer zeitlichen Ausbreitung der Kraft in seine Spekulationen aufzunehmen. Es wird weiter darauf hinzuweisen sein, daß die einschlägigen Spekulationen Newton's durch seine Entdeckung der Gravitationskraft, für welche sich bis heute keine angebbare Ausbreitungsgeschwindigkeit nachweisen ließ, in erster Linie ihre Richtung und Bestimmung naturgemäß empfangen mußten und auch nur empfangen konnten.

Der Gedanke einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrischen Kraft im Zusammenhange mit der Licht-

geschwindigkeit tritt mit Erfolg zuerst<sup>1)</sup> in den theoretischen Spekulationen von L. Lorenz und Cl. Maxwell auf, die experimentelle Tatsache wird zuerst von H. Hertz 1888 erwiesen. Da Tatsachen die Entscheidung bringen, werden wir auch von Hertz den Zeitpunkt zu datieren haben, von dem ab überhaupt erst eine Revision der Newton'schen Grundsätze ernstlicher ins Auge gefaßt werden konnte.

*Ansturm gegen das Reaktionsprinzip von Newton.* — Tatsächlich hat von hier aus unter den Newton'schen Grundsätzen das Reaktionsprinzip zunächst<sup>2)</sup> einen Angriff erfahren. In der Tat, in dem Reaktionsprinzip scheint der Gedanke einer unvermittelten den Raum überspringenden Fernkraft am offenkundigsten enthalten. Das Prinzip besagt: Aktionen treten niemals isoliert auf, treten an irgendeiner Stelle eines Systems Aktionen auf, so treten — wenn man nur den Begriff des Systems weit genug faßt — an anderen Stellen des Systems, untrennbar damit verbunden, andere Aktionen auf: die Reaktionen. Diese Aussage enthält die stillschweigende Voraussetzung der Gleichzeitigkeit des Auftretens der *Actio* und *Reactio*. Wenn aber die Aktionen und Reaktionen räumlich weit auseinanderliegen, wird die Newton'sche Aussage in den Fällen zweifelhaft und unbestimmt, in denen die *Actio* nachweislich Zeit braucht.

Es ist höchst bemerkenswert, daß die bereits von Hertz begonnenen Studien „über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende und bewegte Körper“, insbesondere die zunächst einflußreichen Arbeiten von H. A. Lorenz und E. Wiechert das Newton'sche Reaktionsprinzip und

1) 1856 bei Lorenz, 1865 bei Maxwell. Mit weniger Erfolg hat Riemann 1858 den Gedanken aufgenommen, siehe: Gesammelte mathematische Werke. Lpz. 1876, S. 275.

2) Eine frühere mehr vereinzelt auftretende Ablehnung des Reaktionsprinzipes findet sich in dem nach Analogie des W. Weber'schen Grundgesetzes aufgestellten elektrodynamischen Grundgesetze von R. Clausius 1875. Pogg. Ann. 156, 157.

damit überhaupt jedes Relativitätsprinzip verwarfen. So entstanden naturgemäß wieder Spekulationen, welche den Auseinandersetzungen Newton's über den absoluten Raum eine stärkere Realitätsunterlage, auch nach der translatorischen Seite zu geben bereit waren, als ursprünglich in sie überhaupt hineingelegt war. Ich denke hier an die Vorstellung von H. A. Lorentz, nach welcher der Äther wie ein festes Gerüst ruht und sich der ponderablen Materie gegenüber in keiner Weise nachgiebig erweist, in keiner Weise reagiert. Diese Vorstellungen haben aber nur eine vorübergehende Rolle gespielt. Es ist nicht gelungen, wie sie voraussetzten, einen Einfluß der Bewegung der Erde relativ zum Lichtäther auf optische Erscheinungen nachzuweisen.

*Relativitätsprinzip von A. Einstein.* — Den durch H. A. Lorentz eingeleiteten Spekulationen lag nicht allein eine Ablehnung des Newton'schen Reaktionsprinzipes, sondern auch jedes Relativitätsprinzipes zu grunde. Die Elektrodynamik legt aber die Anschauung nahe, daß in allen den Fällen, in denen sich die Auffassung relativer Bewegungsvorgänge als möglich erweist, auch der relative Bewegungsvorgang der für die Erscheinungen Ausschlag gebende ist. Der Auffassung relativer Bewegungsvorgänge zugänglich erweisen sich aber lediglich rein translatorische Bewegungen, nicht drehende Bewegungen, und so formuliert denn Einstein<sup>1)</sup> sein 1905 aufgestelltes Relativitätsprinzip: „Die Gesetze, nach denen sich die Zustände der physikalischen Systeme ändern, sind unabhängig davon, auf welches von zwei relativ zueinander in gleichförmiger Translationsbewegung befindlichen Koordinatensystemen diese Zustands-

1) A. Einstein: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. 1905. Annalen der Physik. Bd. 17. S. 895. — Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen. 1908. Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. Bd. 4. S. 416.

änderungen bezogen werden“ — oder in der Fassung von 1908: „Die Naturgesetze sind unabhängig vom Bewegungszustande des Bezugssystems, wenigstens falls letzterer ein beschleunigungsfreier ist.“

Wenn auch eine Erkenntnistheorie sich wesentlich auf geschichtliche Entwicklung zu berufen hat, so darf ich das Relativitätsprinzip doch hier um so weniger übergehen, als mir dasselbe in hohem Grade geeignet erscheint, neues Licht in die Ausführungen über Newton's Axiome und Postulate zu werfen.

Wer meine Ausführungen über die Begriffspostulate des Raumes, der Zeit und Masse, sowie über die Bezugspostulate der Trägheit, Aktion und Reaktion mit Aufmerksamkeit studiert hat, wird bemerkt haben, daß es für die Zwecke des physikalischen Systems nicht völlig gelang, die Grundbegriffe des Raumes, der Zeit und der Masse voneinander unabhängig hinzustellen; es war insbesondere der von Newton eingeführte Begriff der Masse, welcher dazu nötigte, die Grundbegriffe in einer physikalischen Verkettung darzustellen. Diese Verkettung war es, welche bereits Newton's Ausdrucksweise rechtfertigte: Die Unterscheidungen eines absoluten und relativen Raumes, einer absoluten und relativen Zeit, die Beziehung des Inhalts des Trägheits- und des Aktionsprinzipes zu dem Begriffe einer geraden Richtung im Raume.

Das Relativitätsprinzip von Einstein erweist sich zunächst für den Ausbau der Elektrodynamik in dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft von Bedeutung, ist aber in hohem Grade zugleich geeignet, den Ausführungen über Raum und Zeit bei Newton eine gewisse Präzision zu gewähren. Im Sinne einer Erweiterung des auch von Lorentz verwerteten populären Begriffs „Ortszeit“ erscheinen die Begriffe des Raumes und der Zeit miteinander verkettet; Angaben über Raum und Zeit haben nur Sinn für ein Bezugssystem, wie ein solches durch Koordinatensystem samt Einheitsmaßstab und den zur Ermittlung der Zeit des Systems dienenden

Uhren definiert werden kann. Für zwei Bezugssysteme, die sich in beschleunigungsfreier Translation zueinander befinden, verliert der Begriff der Gleichzeitigkeit seine Bedeutung. Zwei Ereignisse, welche, von einem Koordinatensystem aus betrachtet, gleichzeitig sind, können, von einem relativ zu diesem System bewegten anderen System aus, nicht mehr als gleichzeitige Ereignisse aufgefaßt werden.

Die Beziehungen der Elektrodynamik zur Mechanik werden bei Einstein im Speziellen durch die Auffassung angezeigt, daß elektromagnetische Felder nicht mehr als Zustände irgend einer Materie — des Äthers — erscheinen, sondern als selbständig existierende Dinge, die der ponderablen Materie gleichartig sind und mit ihr das Merkmal der Trägheit gemein haben.

*Ergebnisse der Forschung von M. Planck.* — Wir wollen an diese Darstellung die Mitteilung einiger Ergebnisse der Forschung von M. Planck<sup>1)</sup> knüpfen. Aus theoretischen und experimentellen Untersuchungen der Wärmestrahlung — Wärmestrahlen sind wie Lichtstrahlen elektromagnetische Schwingungszustände — folgt, daß ein von jeglicher ponderablen Materie entblößtes, lediglich aus elektromagnetischer Strahlung bestehendes System sowohl den Grundgesetzen der Mechanik, wie auch den beiden Hauptsätzen der Thermodynamik vollständig gehorcht. Die Energie der inneren Wärmestrahlung eines Körpers wird so an der Trägheit dieses Körpers einen, wenn auch geringen, so doch theoretisch angebbaren Anteil haben, der durch die Strahlungsdichte, d. h. die Temperatur bedingt ist. Dieser Umstand hindert prinzipiell weiter zwischen äußerer und innerer Energie — gegeben durch Dichte, Temperatur, chemische Beschaffen-

1) M. Planck: Vorlesungen über Wärmestrahlung. Leipzig 1906. Zur Dynamik bewegter Systeme. Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1907. Annalen der Physik. 1908. Bemerkungen zum Prinzip der Aktion und Reaktion in der allgemeinen Dynamik. Physikalische Zeitschrift, 1908. S. 828—830.

heit — und ebenso zwischen wirklicher und scheinbarer Masse zu unterscheiden oder auch nur unterscheiden zu können. Daran knüpft sich die Frage nach der Identität von träger und ponderabler Masse.

Auf dieser Grundlage entwickelt M. Planck eine allgemeine Dynamik, welche nicht nur die Mechanik im engeren Sinne, sondern auch die Elektrodynamik und die Thermodynamik umfaßt. Das Newton'sche Reaktionsprinzip kann für eine solche allgemeine Dynamik in der Fassung eines Satzes von der Konstanz der Bewegungsgröße oder des Bewegungsimpulses beibehalten werden, sofern diese Bewegungsgröße sowohl die mechanische als auch die elektromagnetische Form umfaßt.

*Raum- und Zeitbegriff bei H. Minkowski.* — Die Bearbeitung meiner Grundzüge für die neue Auflage, insbesondere die Darstellung dieses sechsten Vortrages war abgeschlossen, als H. Minkowski seinen Vortrag über Raum und Zeit auf der Naturforscherversammlung in Köln (September 1908) hielt. Nun, da dieser wichtige Vortrag allgemein zugänglich vorliegt<sup>1)</sup>, ist der Druck der neuen Auflage meiner Grundzüge selbst gerade bis zu dieser Stelle vorgerückt, und ich ergreife gerne die Gelegenheit, meinem ehemaligen mathematischen Kollegen an der Königsberger Albertus-Universität in diesem Zusammenhange einen Denkstein zu errichten.

Mir wollen gewisse Ergebnisse der Untersuchung von Minkowski um so bemerkenswerter erscheinen, als mich der Verlauf der in diesem sechsten Vortrage niedergelegten Studien über Newton's Axiome und Postulate im wesentlichen zu einem sehr ähnlichen Standpunkte geführt hat. Es

1) H. Minkowski (Göttingen): Raum und Zeit. Physikalische Zeitschrift. 10. Jahrgang. No. 3. 1909. S. 104—111. Man vergleiche auch H. Minkowski: Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern. Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Math.-physikalische Klasse. 1908. S. 53—111.

ist gewiß bemerkenswert: Die *konsequent erkenntnistmäßige Durcharbeitung* des Newton'schen Systems in sich, welches auf den ersten Blick für die neuere Forschung als Hemmung empfunden werden möchte, bietet in sich die Handhabe, die logisch schwachen Stellen des Systems aufzudecken und damit zu überwinden. Minkowski entwickelt seine Ideen über Raum und Zeit im Anschluß an die Newton'sche Mechanik auf dem Wege *rein mathematischer Überlegungen*, die er dann in Verbindung setzt mit den auf experimentell-physikalischem Boden erwachsenen Spekulationen von Lorentz, Einstein, Planck. So erscheint denn der Gedanke, mit dem Minkowski seinen Vortrag schließt, — „der Gedanke an eine prästabilisierte Harmonie zwischen der reinen Mathematik und der Physik“ von einer anderen Seite der Betrachtung durchaus bestätigt, „wohlgeeignet auch diejenigen auszusöhnen, denen eine Änderung altgewohnter Anschauungen unsympathisch oder schmerzlich ist“.

Schon Ausgangspunkt und Ausdrucksweise, welche meine in diesem Abschnitt entwickelten Studien gezeitigt haben, nach denen ein tieferes Eindringen in das geschlossene System Newton's Raum und Zeit in dem Begriff der Masse einander verkettet erscheinen lassen, deutet rein äußerlich auf die Unabhängigkeit meiner Studien mit denen Minkowski's. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an die Notwendigkeit einer vektoriellen Behandlung einer Reihe mechanischer Begriffe.

Den Spekulationen von Lorentz und Einstein charakteristisch war es, den Begriff der Zeit nicht mehr als einen durch die Erscheinungen eindeutig festgelegten Begriff zu behandeln. Minkowski dehnt diese Spekulationen auf den Begriff des Raumes aus, so sehr dieser Schritt vielen als eine „Verwegenheit mathematischer Kultur“ erscheinen mag. Das Relativitätspostulat Einstein's erweitert sich so Minkowski zu einem *Weltpostulat* — *Postulat der absoluten Welt* — in dem Sinne, daß durch die Erscheinungen die in Raum und Zeit vierdimensionale Welt gegeben ist, die Projektion

in Raum und Zeit aber noch mit einer gewissen Freiheit vorgenommen werden kann, für welche insofern die Lichtgeschwindigkeit eine Rolle spielt, als allein bei dieser die Invarianz der Naturgesetze besteht. „Bei dieser Auffassung sind Raum für sich und Zeit für sich zu Schatten herabgesunken, und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren. Es hat niemand einen Ort anders bemerkt als zu einer Zeit, eine Zeit anders als an einem Ort.“

Die Ausführungen Minkowski's scheinen mir hochgeeignet, neues Licht in die erkenntnistheoretisch notwendige Auffassung von Newton's Axiomen und Postulaten zu werfen und die ebenso äußerlichen wie nichtigen Einwendungen früherer, vermeintlicher Kritik Newton's als falsch gerichtet zu erweisen. Diese Kritik, die sich an Newton in falscher Richtung versucht hat, müßte unzweifelhaft, wollte sie konsequent sein, auch Minkowski's absolutes Weltpostulat metaphysisch verdächtigen, schon weil der Ausdruck „absolut“ darin vorkommt.

Auf solche metaphysische Verdächtigungen würde aber in Anlehnung an die Worte, mit denen Minkowski seinen Vortrag beginnt, zu erwidern sein: „Die Anschauungen über Raum und Zeit sind bei Newton ebenso wie bei Minkowski auf experimentellem Boden erwachsen. Darin liegt ihre Stärke.“ Wenn wir heute gegenüber Newton wesentlich vorwärts gekommen sind, so verdanken wir das in erster Linie einer Bezugnahme auf experimentell physikalische Tatsachen, die uns ganz selbstverständlich heute in größerem Umfange zur Verfügung stehen als Newton. Eine metaphysische Verdächtigung wird darum aber heute und zukünftig weder bei Newton noch bei Minkowski Platz greifen dürfen.



## SIEBENTER UND ACHTER VORTRAG.

### Isolation und Superposition.

#### I.

*Zusammengesetzte und einfache Vorgänge.* — Voraussetzung für die folgenden Betrachtungen ist, daß ein zusammengesetztes Erfahrungsgebiet vorliegt. Eine solche Voraussetzung wird vielleicht nicht immer zugegeben werden. Der Auffassung, daß etwas Zusammengesetztes vorliegt, steht die gegenüber, daß etwas Einfaches, Einheitliches vorliegt. Nur in den seltensten Fällen tritt uns die Natur mit ihrer Fülle von Erscheinungen einheitlich gegenüber, in der Mehrzahl der Fälle trägt die Erscheinungswelt im Gegenteil einen durchaus zusammengesetzten Charakter. Entspricht diese Auffassung dem äußeren Tatbestande, dann wird es eine der Aufgaben unserer Erkenntnis sein müssen, die Erscheinungen, wie sie sich bieten, aus einer Reihe von Teilerscheinungen zusammengesetzt aufzufassen und zunächst diese Teilerscheinungen in ihrer Reinheit zu studieren. Erst wenn wir wissen, welchen Anteil jeder Umstand einzeln an der Gesamterscheinung trägt, dann beherrschen wir das Ganze, oder haben wenigstens die Mittel dazu, es beherrschen zu können.

So nah die Auffassung von dem zusammengesetzten Charakter der Erscheinungen dem heutigen Naturforscher liegt, so fern lag diese Auffassung der Naturbetrachtung des Altertums, so wenig kann der Laie sich selbst heute davon losmachen. Ich habe schon gelegentlich meiner Auseinandersetzungen über das Trägheitsprinzip im sechsten Vortrage

darauf Bezug genommen, wie man sich der Natur in der verschiedensten Weise gegenübergestellt hat. Ich sagte: das Altertum stellte sich durchaus ästhetisch, künstlerisch der Natur gegenüber; eine solche künstlerische Betrachtung der Natur will — das liegt in ihrem Wesen — eine durchaus einheitliche sein, eine Zerlegung in Elemente widerstrebt ihr; die zerstört ja gerade das, was geeignet ist, ein freies Wohlgefallen zu erregen und damit ästhetisch zu befriedigen.

Aber auch zugegeben, daß die Erscheinungen um uns herum in der Mehrzahl einen zusammengesetzten Charakter tragen, dann erhebt sich die Frage, wo sind denn die einfachen Erscheinungen, die wir zunächst zu studieren haben. Darin liegt von vornherein eine große Schwierigkeit für die Erkenntnis, die Erscheinungen auszuwählen, welche als einfache aller Naturforschung zugrunde zu legen sein werden. Darin liegt auch mit der unterscheidende Ausgangspunkt der Theorien, wenn eine Theorie die eine Erscheinung als einfach erklärt und daran ihre Grundbegriffe knüpft, die andere Theorie eine andere Erscheinung mit anderen Grundbegriffen.<sup>1)</sup> Die Emissionstheorie Newton's erklärte die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten für eine einfache Erscheinung und stellte in Verbindung damit den Intensitätsbegriff des Lichtes als einfachen Begriff in den Vordergrund; die Undulationstheorie von Huygens erklärte jene Erscheinung für eine verwickelt zusammengesetzte und stellte den hypothetischen Begriff der Undulation als einfachen in den Vordergrund.

Wenn schon die Wissenschaft die Frage nach den einfachen Erscheinungen für eine überaus schwierige erklärt, um wieviel mehr wird die Wirklichkeit im allgemeinen, wird das Leben ein Recht dazu haben, eine solche Stellung einzunehmen. — Das Altertum antwortete: die Erscheinungen des

---

1) In dem Aufsatz über Hertz in dem Schlußanhang dieses Buches unter (3) bin ich ausführlicher darauf eingegangen.

Lebens sind die einfachsten; sie galten als geeigneter Ausgangspunkt z. B. für die Bewegungserscheinungen, welche das gewöhnliche Leben uns darbietet. Warum hört der Stein auf zu fliegen? diese Frage wirft Plato auf, und er antwortet darauf, weil er müde wird. Welche Bewegung ist die vollkommenste? das war eine andere beliebte Fragestellung, deren Einfluß sich noch bis auf Kopernikus nachweisen läßt, und die Antwort war darauf: die Bewegung im Kreise, wie sie die scheinbare tägliche Bewegung des bestirnten Himmels uns vorführt. So ist denn das Streben der drei bekannten Weltssysteme des Ptolemäus, Kopernikus, Tycho de Brahe immer darauf gerichtet, die räthelhafte Bewegung der Planeten auf kreisförmige Bahnen zurückzuführen, oder wo es auf der Hand lag, daß die einfache kreisförmige Bahn nicht zum Ziele führt, da sollten die Bahnen sich wenigstens aus Kreisen herleiten lassen, sie sollten durch Kurven darstellbar sein, wie sie durch Rollen von Kreisen auf Kreisen entstehen, und wie sie unter dem Namen Epizykeln bekannt sind.

Es waren lediglich ästhetische Gesichtspunkte, oder es waren gar nur Einbildungen, welche den Ausschlag gaben für das, was für einfach ausgegeben wurde, darin lag das eine Hindernis für jeden Fortschritt, und das andere lag darin, daß die Bewegungserscheinungen des gewöhnlichen Lebens keine einfachen Erscheinungen sind. Nehmen wir das Bild eines von Pferden gezogenen Wagens: kommt es uns nicht fast selbstverständlich vor, daß der Wagen solange in Bewegung bleibt, als die Pferde anziehen, daß er aufhört zu fahren, wenn die Pferde nicht mehr ziehen? Sind wir nicht geneigt, diesen Vorgang für einen einfachen und keineswegs für einen zusammengesetzten zu halten?

Wir werden jetzt die Größe der Geistestat eines Galilei ermessen können, welcher allenthalben im gewöhnlichen Leben und in der Bewegung der Gestirne keinen einfachen, sondern einen zusammengesetzten Vorgang erblickte, und

welcher als einfachste, naturgemäße Bewegung die Bewegung in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit proklamierte. Das Galilei'sche Trägheitsgesetz ist so ein bedeutsames Isolationsprinzip.

Erblicken wir irgendwo Bewegungszustände mit ungleichförmiger Geschwindigkeit, oder in anderer als in geradliniger Bahn, so wird die Frage nach den Kräften, welche hier mitspielen, in uns angeregt — ich erinnere an die Newton'sche Kraft, die zusammen mit der Galilei'schen Trägheit einen Einblick in die Planetenbewegung gestattet.

Aber auch die gleichförmigen Bewegungen in gerader Linie auf der Erdoberfläche, so sehr sie dem Inhalte des Galilei'schen Trägheitsgesetzes zu entsprechen scheinen, sind keine einfachen Vorgänge. Wir sehen hier ja, daß Kräfte im Spiel stehen, die Bewegung zu unterhalten: die Pferde, welche unseren Wagen anziehen. Wir werden also auf Grund der Galilei'schen Anschauung uns hier die Vorstellung bilden müssen, daß andere Kräfte entgegenwirken, welche die gleichförmige Bewegung zum Resultat haben. Welches aber sind diese Gegenkräfte?

Nehmen wir einen Wagen auf absolut glattem Boden, nehmen wir als Annäherung einen Wagen auf Schienen, denken wir an die Eisenbahn. Ist ein Eisenbahnzug in voller Fahrt, und wird innerhalb der Lokomotive die treibende Kraft des Dampfes abgesperrt, was wird geschehen? Der Zug wird sich anfangs mit nahezu gleicher Geschwindigkeit fortbewegen, er wird es auf Grund der Trägheit tun.

Welches aber ist hier der Unterschied gegen den mit Pferden bespannten Lastwagen, der sich auf unserem Straßenpflaster bewegt, und der sofort stillsteht, wenn die Pferde zu ziehen aufhören? Es ist kein anderer Unterschied, als daß sich der Eisenbahnwagen auf Schienen nahezu reibungalos, der Wagen auf der Straße mit sehr starker Reibung bewegt. Reibung ist aber eine Kraft, die mit jeder nicht ganz freien Bewegung untrennbar verbunden und stets der Bewegung

entgegengerichtet ist. Wir sehen, es sind keine ganz nahe-  
liegenden Betrachtungen, welche uns einen tieferen Einblick  
in die alltäglichen Bewegungsvorgänge auf unserer Erdober-  
fläche gestatten.

Sehr lehrreich ist als Beispiel der Fall der Körper zur  
Erde. Lassen wir verschieden schwere Steine etwa von einem  
Turme zur Erde fallen, so bemerken wir bald, daß im wesent-  
lichen alle Steine, unabhängig von ihrem Gewichte, gleich schnell  
fallen, oben gleichzeitig losgelassen, kommen sie unten gleich-  
zeitig an. Das scheint ein einfaches Gesetz, wie es von  
Galilei näher erforscht ist, das Fallgesetz. Aber nun gehen  
wir zu leichteren und leichteren Körpern über, denken wir  
an das Fallen von Papierschnitzeln, von Schneeflocken zur  
Erde, und wir bekommen ganz unregelmäßige Resultate, welche  
nur darin übereinstimmen, daß der Fall jetzt sehr langsam  
vor sich geht.

Welche Anschauung sollen wir uns bilden diesem ver-  
schiedenem Verhalten der leichten und schweren Körper  
gegenüber beim Fall der Körper? Nun jedenfalls die, daß  
wir eine zusammengesetzte Erscheinung vor uns haben. Be-  
achten wir, daß bei leichten Körpern, wie Schneeflocken und  
Papierschnitzeln die Oberfläche der Körper im Verhältnis zu  
ihrem Gewicht eine große ist, so lenkt eine isolierende Be-  
trachtungsweise unsere Aufmerksamkeit auf die umgebende  
Luft als Widerstand leistendes Medium. Wir werden ver-  
anlaßt, Fallversuche in luftleeren Glasröhren anzustellen, und  
der Erfolg zeigt, daß hier, im luftleeren Raum, auch die  
leichtesten Körper ebenso schnell wie schwere fallen.

Nicht immer ist es uns, wie im vorliegenden Falle ver-  
gönnt, den Prozeß der Isolation experimentell stützen zu  
können. Natürlich ermutigt und erleichtert es uns in unserem  
isolierenden Denkprozeß fortzuschreiten, wenn Experimente  
unsere Anschauungen bekräftigen können. Wo solche ver-  
sagt sind, wird unsere Abstraktionsfähigkeit um so stärker  
in Anspruch genommen. Und von diesem Standpunkte darf

ich wohl noch einmal die große Tat eines Galilei, die Aufstellung des Trägheitsgesetzes in Erinnerung rufen, ein Isolationsprozeß, dem in voller Reinheit eine experimentelle direkte Stütze so gut wie versagt ist.

*Einleitende Bemerkungen über Analyse und Synthese, über Isolation und Superposition. Unabhängigkeitsprinzip. Koexistenzprinzip.* — Es handelt sich im folgenden um die erkenntnistheoretische Betrachtung zweier Fähigkeiten: die Fähigkeit, zusammengesetzte Erscheinungen richtig und logisch erlaubt zerlegt zu denken, beziehungsweise zu zerlegen, und die Fähigkeit einfache Wirkungen richtig und logisch erlaubt zusammengesetzt zu denken, beziehungsweise zusammenzusetzen.

Im allgemeinen pflegt die Wissenschaft die Vornahme der so geschilderten Operationen unter den Namen *Analyse* und *Synthese* zusammenzufassen. Die Induktion sucht die einfachen Bestandteile der Erscheinungswelt auf — wir nennen diesen Gedankenprozeß *Analyse* — und die Deduktion macht die Probe auf die Richtigkeit und sucht aus diesen einfachen Elementen wieder die Erscheinungswelt herzustellen, zusammenzusetzen — wir nennen diesen Gedankenprozeß *Synthese*. Die Naturwissenschaften bieten viele Beispiele für die Vornahmen von *Analysen* und *Synthesen*. Die chemische Forschung hat diese Namen geradezu auf ihre spezifischen wissenschaftlichen Methoden übertragen.

Im allgemeinen Falle der *Analyse* und *Synthese*, wie in der Chemie, liegt die Erscheinung vor, daß Einzelwirkungen durch ihr Zusammenbestehen sich modifizieren und andere werden, als sie für sich sind, sich also abhängig voneinander beeinflussen. Die physikalische Forschung hat aber in ihrem Verlauf immer deutlicher auf Formen der analytischen und synthetischen Methode und Forschung hingewiesen, die gerade dadurch charakteristisch sind, daß sich Einzelwirkungen durch ihr Zusammenbestehen nicht modifizieren und nicht andere werden, als sie für sich sind, sich also nicht ab-

hängig voneinander beeinflussen. Diese Formen dürften sich für jede Erkenntnistheorie von besonderer, fundamentaler Bedeutung erweisen und daher durch eine besondere Bezeichnung hervorzuhoben sein, für welche ich die Worte: Isolation und Superposition in Vorschlag gebracht habe.<sup>1)</sup>

Ich werde diese Worte, diese Begriffe zunächst klar zu machen haben. Das kann genau wie bei den Begriffen Induktion und Deduktion des vorigen Abschnitts nicht auf einmal geschehen, die Bedeutung kann nur Schritt für Schritt vorbereitet werden und soll wieder an der Hand von Beispielen ihre Befestigung erlangen.

Ich verstehe unter Isolation den induktiven Versuch innerhalb eines zusammengesetzten Erscheinungsgebietes (Wirkungsgebietes) die Elemente aufzuspüren, welche ihre Teilerscheinung (Wirkung) für sich unabhängig von anderengleichzeitig bestehenden Erscheinungselementen (Wirkungselementen) bewahren, und unter Superposition den deduktiven Versuch, aus den so aufgefundenen Erscheinungselementen rückwärts wieder das zusammengesetzte Erscheinungsgebiet, d. h. die Wirklichkeit zu erhalten. Will man das unabhängig voneinander Bestehen besonders hervorheben, so empfiehlt sich wohl auch die Be-

1) Die ersten Bemerkungen über Isolation und Superposition findet man in meinem Vortrag: „Hat die Physik Axiome?“ Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 1894 und in meinem Aufsatz: „Über die Bedeutung des Studiums der Bodentemperatur“, Himmel und Erde 1894 VI. S. 315. Im Anschluß an meine Auseinandersetzungen über Isolation und Superposition in der ersten Auflage meiner „Erkenntnistheoretischen Grundzüge“ 1896 hatte ich die Freude von E. Mach brieflich die Anerkennung zu erhalten: „Ihre Ausführungen über Isolation und Superposition scheinen mir sehr richtig und wichtig.“ Man vergleiche auch den Hinweis auf Isolation und Superposition in dem Register der letzten Auflagen von Mach's „Mechanik“, ebenso den Hinweis auf Superposition in dem Register von Mach's „Erkenntnis und Irrtum“ Leipzig 1905.

zeichnung **Unabhängigkeitsprinzip**; will man das gleichzeitig miteinander zusammen Bestehen besonders hervorheben, so ist wohl auch in der Physik die Bezeichnung **Koexistenzprinzip** gebräuchlich.

Das Wort **Isolation**, **Isolierung** findet wohl auch sonst erkenntnistheoretische Verwendung, es bedeutet soviel wie **Verinselung**. Die Tätigkeit des **Isolierens** setzt gemeinhin das voraus, was man die **Fähigkeit zu abstrahieren**, d. h. von anderen Merkmalen absehen, abziehen zu können nennt. Wenn ich sage: Alle Körper sind schwer, dann konzentriere ich die Aufmerksamkeit auf die Eigenschaft der Körper, welche man **Schwere** nennt, ich sehe ab von allen anderen Eigenschaften, der **Farbe**, der **Ausdehnung**, der **Härte**. Mein Interesse ist einzig der Eigenschaft der **Schwere** zugewandt; die **Schwere** der Körper ist das, was ich im vorliegenden Falle das **Isolationszentrum** meines Interesses nennen kann.

Das Wort **Superposition** scheint bisher weder als Bezeichnung noch inhaltlich erkenntnistheoretisch genügend verwertet; es ist dem Sprachgebrauch der **Mechanik** und **Physik** entnommen. Es heißt soviel wie **übereinander stellen**, **setzen**, **legen**, **lagern**. Wir können bei diesem Begriff, den wir uns schaffen, die Vorstellung zugrunde legen, daß, wenn verschiedene Kräfte auf einen Körper wirken, die **Einzelwirkungen** sich zu einer **gemeinsamen Wirkung** zusammensetzen. — Wir kommen auf dieses Beispiel, das wir für die **Vornahme des Isolations- und Superpositionsprozesses** in mancher Hinsicht als **typisch** zugrunde legen können, und welches unter dem Namen **Satz vom Parallelogramm der Kräfte** bekannt ist, noch ausführlicher zurück.

Beide Begriffe, **Isolation** und **Superposition** bedingen sich gegenseitig; sie stehen zueinander in einem gewissen **Gegensatz** und können daher erst vollständig im **Zusammenhang** miteinander erfaßt werden. Wie bei den Denkformen der **Induktion** und **Deduktion** alles darauf ankam, die **Denkobjekte** in dem erkenntnistheoretischen **Wechselspiele** von



Voraussetzung und Folge aufzufassen, so kommt bei den Denkformen der Isolation und Superposition alles darauf an, die Denkobjekte in dem erkenntnistheoretischen Spiel von Zerlegung und Zusammensetzung zur Darstellung zu bringen.

Die Denkformen der Isolation und Superposition gehören zu den vornehmlichsten, unter denen sich die Begreifbarkeit der Natur darstellt. Was von zusammengesetzten Erscheinungen unter diesen Denkformen noch nicht aufgefaßt werden konnte, ist noch nicht begriffen. An naturwissenschaftlichen Gegenständen geübt, gestatten diese allgemeinen Denkformen nach naturwissenschaftlichem Vorbild in allen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens eine schnelle Orientierung anzubahnen, ungeordnetes und kompliziertes Erscheinungsmaterial beherrschen zu lernen und anderen geordnet und verständlich zu vermitteln.

## 2.

*Beispiel für Superposition gleich gerichteter Wirkungen: Studium der Erdtemperaturen in der Nähe der Erdoberfläche.* — Ich gehe nun dazu über, an einigen größeren Beispielen die Formen der Isolation und Superposition zu erläutern, um eine Grundlage für allgemeinere Betrachtungen zu gewinnen, die dann abgeschlossen werden sollen. Das erste Beispiel knüpfe ich an die Betrachtung der Wärmebewegungen in der Nähe der Erdoberfläche.

Die Vorgänge, welche zum Studium der Bodentemperaturen auffordern, sind sehr einfacher Art. Auf den Boden in der Nähe der Erdoberfläche wirken beständig Temperatureinflüsse ein, solche Einwirkungen finden von innen und von außen statt; mit einer gewissen Geschwindigkeit durchwandern diese Wirkungen das Innere in der Nähe der Erdoberfläche und weisen in jedem Moment ihre Spuren in einem verhältnismäßig dicht zusammengedrängten Raume auf. Die Einwirkungen von außen interessieren hauptsächlich die Meteorologie, die von innen hauptsächlich die Geologie.

Theoretisch sind uns drei Arten bekannt, auf welchen Wärmewanderungen und damit Temperaturänderungen vor sich gehen: Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmekonvektion. Wärmestrahlung — denken wir an die Sonnenstrahlung und die Strahlung des wärmenden Ofens — ist eine Übertragung der Wärme in die Ferne von einem Körper zu einem anderen, ohne daß daran der dazwischen liegende Raum sichtlich Anteil nimmt. Wärmeleitung — denken wir an die Bewegung der Wärme von den Innenflächen des Ofens an die Außenflächen — ist eine stetige, von Ort zu Ort wirklich wahrnehmbare Übertragung der Wärme, ohne daß die Materie, an welche die Wärme gebunden ist, an dieser Bewegung teilnimmt. Unter Wärmekonvektion — denken wir an die Erscheinungen der warmen und kalten Winde, der Meeresströmungen — versteht man die mechanische Fortführung von Wärme samt der Materie, an der die Wärme haftet. Alle drei Arten werden für das Studium der Bodentemperaturen in der Nähe der Erdoberfläche in Betracht zu ziehen sein.

Die Einwirkungen auf die Oberfläche der Erde selbst sind zunächst bedingt durch Strahlungs- und Konvektionserscheinungen. Wir haben einmal der Wärmestrahlung zu gedenken, die wir der Sonne verdanken, wie sie sich nicht nur durch die verschiedene Stellung der Sonne nach den Tages- und Jahreszeiten, sondern auch je nach dem Bewölkungszustand der Atmosphäre in der mannigfaltigsten Weise gestaltet; wir haben weiter der Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche zu gedenken, wie sie in der Differenz der Erdtemperatur mit dem Weltraum ihre Ursache hat. Auch diese Wärmestrahlung ist in hervorragendem Grade durch den Bewölkungszustand der Atmosphäre bedingt; es ist bekannt, daß klare, wolkenlose Nächte eine bedeutende Abkühlung zur Folge haben, während Nebel und Wolkenbildung wie ein Kleid die untere Atmosphäre warm halten. — Die Konvektionserscheinungen, welche auf die Erdoberfläche einwirken, sind die Nieder-

schläge, wie wir sie in Form von Regen und Schnee in Betracht zu ziehen haben; auch Winde und Luftströmungen wirken im Sinne einer Konvektion.

Die Einwirkungen auf die unterhalb der Erdoberfläche gelegenen Schichten setzen sich aus Leitungs- und Konvektionserscheinungen zusammen. Wärmeleitung findet sowohl von der Oberfläche nach dem Inneren, wie aus dem Inneren nach der Oberfläche statt. Wärmekonvektion findet infolge des Eindringens von atmosphärischen Niederschlägen von der Oberfläche aus, und infolge der Änderungen des Grundwasserstandes von unten aus statt. Wasser von gewisser Temperatur dringt von der Erdoberfläche in das Innere mehr oder weniger tief, schneller oder langsamer ein, je nachdem der Erdboden mehr durchlässig ist, wie bei Sand, oder weniger durchlässig, wie bei Ton und Lehm. Eine auf der Oberfläche lastende Schneemasse wirkt zunächst für die tieferen Schichten nicht konvektiv, sie taut es erst beim Schmelzen im Frühjahr.

Um ganz vollständig zu sein, haben wir endlich noch des Eindringens des Frostes in das Erdreich zu gedenken, welches die Wärmewanderungen vorübergehend modifiziert.

Das ist das verhältnismäßig verwickelte, jedenfalls zusammengesetzte Bild der Erscheinungen, welches sich uns bei näherem Nachdenken darbietet. Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Wärmekonvektion haben wir dabei als die wesentlichen Isolationselemente erkannt, welche für das Studium der Bodentemperaturen in Betracht kommen. Die Wirkungen dieser elementaren Vorgänge lagern sich übereinander. Nun kommt für Bodenarten, wie wir sie z. B. in Königsberg haben, ein wesentlicher Gesichtspunkt in Betracht. Wir haben hier in Königsberg wenig durchlässigen Boden — eine Folge ist ja unser bekannter, leider unvermeidlicher Straßenschmutz. Es werden infolgedessen von einer Tiefe von zirka einem Meter an bis zu den Grundwasserständen die Wärmebewegungen nur in reinen Leitungs-

vorgängen bestehen; auf diese wollen wir unser Interesse konzentrieren, von ihnen uns ein Bild entwerfen.

Unser Prinzip der Superposition ergibt nun die bemerkenswerte Tatsache, daß diese verschiedenen nachweisbaren Leitungsvorgänge der Wärme sich gegenseitig nicht stören, daß sie sich untereinander nicht verdecken, sondern überdecken. Es gestattet umgekehrt rückwärts die Möglichkeit, die gesamte, der Beobachtung zugängliche Wärmeleitung in ihre naturgemäßen Bestandteile zu zerlegen und jeden dieser Bestandteile einzeln für sich zu durchforschen.

Wir fassen zunächst die Wärmebewegung, welche in der Richtung von der Oberfläche nach dem Zentrum stattfindet, für sich in's Auge; sie wird durch die Strahlung der Sonne auf die Erdoberfläche eingeleitet und trägt daher insofern einen besonderen Charakter, als sie periodisch mit der Zeit vor sich geht. Wir können die strahlende Einwirkung der Sonne einmal vom Standpunkte der Jahresperiode, dann vom Standpunkte der Tagesperiode auffassen. Beobachtung und Theorie der Wärmeleitung lehren nun, daß eine solche periodisch stattfindende Wärmewirkung um so schwächer, aber zugleich um so schneller eindringt, je kürzer die Periode ist, um so stärker, aber zugleich um so langsamer eindringt, je länger die Periode ist. Je länger die Periode, um so nachhaltiger die Wirkung!

Es mögen zur Anschauung die aus den Beobachtungen in Königsberg folgenden Resultate über mittlere Stärke und Schnelligkeit des Vordringens der Jahreszeiten in das Erdinnere folgen:

Königsberger Erdthermometerstation 1873—86.

Tiefe	Jahresschwankung	Eintritt des Maximums
2'	17,5 <sup>0</sup> C.	2. August
4'	13,9	15. August
8'	9,0	8. September
16'	3,9	26. Oktober
24'	1,7	14. Dezember

In der ersten vertikalen Reihe befinden sich in preußischen Fuß<sup>1)</sup> ( $1' = 0,314$  Meter) die Tiefen, für welche die Angaben in jeder horizontalen Reihe gelten; in der zweiten vertikalen Reihe die Größe der Jahresschwankung in Celsius-Graden, also die Differenz zwischen den größten und kleinsten Temperaturangaben, in der dritten vertikalen Reihe die Angaben des Tages, an dem im Mittel die höchste Jahrestemperatur eintritt.

Wir können diesen Daten entnehmen, daß für Königsberg die jährliche Schwankung von  $\frac{1}{10}^{\circ}$  C. etwa in der Tiefe von 10 Metern, die jährliche Schwankung von  $\frac{1}{100}^{\circ}$  C. etwa in der Tiefe von 22 Metern stattfindet. In diesen Tiefen besteht also für alle Jahreszeiten so gut wie gleichförmig dieselbe Temperatur. Die Jahresperiode rückt mit einer Geschwindigkeit von 5 Zentimeter pro Tag oder von 18,7 Meter pro Jahr in die Tiefe. Wir können also sagen, daß sich im Erdinnern der Temperaturverlauf einer Jahresperiode gerade noch nachweisen läßt.

Das Eindringen der Tagesperiode befolgt ganz gleiche Gesetze, wie das Eindringen der Jahresperiode, es geht nur, wie schon oben bemerkt wurde, schneller und weniger intensiv vor sich. Für Königsberg rückt die Tagesperiode mit einer Geschwindigkeit von 4 Zentimetern pro Stunde, also zirka ein Meter pro Tag vor, in dieser Tiefe wird aber bereits die tägliche Schwankung unmerklich.

Über diese Wärmebewegungen, welche periodisch und mit abnehmender Stärke dem Erdinnern zuwandern, lagert sich, nach den Grundsätzen der Isolation und Superposition besonders erkennbar, eine Wärmebewegung in entgegengesetzter Richtung von Innen nach Außen:

Es ist bekannt, daß die Temperatur des Erdinnern viel höher, wie die in der Nähe der Erdoberfläche ist. Die mit

1) Die Anlage der Königsberger Station, welche auf F. Neumann zurückgeht, erfolgte vor Einführung des Metersystems, daher noch Anlage und Angaben nach Fuß.

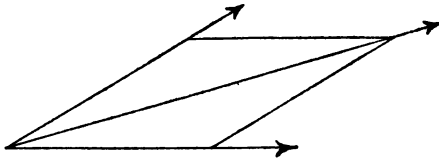
der Tiefe zunehmende Temperatur ist es, welche dem Vordringen des Menschen in die Tiefe — beim Bergbau — eine Grenze setzt; sie deutet auf eine Wärmebewegung in der Richtung vom Zentrum nach der Oberfläche; sie tritt in ihrer Reinheit besonders in größeren Tiefen (größer als 20 Meter) deutlich auf und beträgt im Durchschnitt auf etwa 30 Meter 1° Celsius. Als ihre Wirkung haben wir die durch Ausstrahlung in den Weltenraum bedingte säkulare Abkühlung der Erde anzusehen, auf welche ich in meinem neunten Vortrage Veranlassung nehmen werde zurückzukommen.

3.

*Beispiel für Superposition ungleich gerichteter Wirkungen: Satz vom Parallelogramm der Kräfte.* — Dem vorliegenden Beispiel, welches die Bewegung der Erdwärme in der Nähe der Erdoberfläche betraf, charakteristisch war die Zusammensetzung und Zerlegung von Wirkungen, welche in derselben Richtung vor sich gehen. Aber unser Prinzip der Superposition und Isolation geht weiter, es bezieht sich auch auf die Zusammensetzung und Zerlegung von Wirkungen, welche in verschiedenen Richtungen vor sich gehen.

Die bekannte Regel, nach der in der Physik die Wirkungen von Kräften auf einen und denselben Körper sich zusammensetzen, findet ihren Ausdruck in dem Satz von dem Parallelogramm der Kräfte. Dieser Satz ist nichts anderes als ein Ausdruck des Prinzips der Superposition. Vergewärtigen wir uns seinen Inhalt: Wir verstehen in diesem Satz unter Kraft das, was wir besser Wirkung nennen, und wir veranschaulichen uns eine Wirkung nach Richtung und Größe durch eine begrenzte Linie. Liegen nun zwei Kräfte vor, die auf denselben Körper wirken, und veranschaulichen wir uns solche durch zwei Linien, die von dem Körper als Angriffspunkt ausgehen, so denken wir uns durch diese beiden Linien eine Ebene gelegt; in dieser Ebene zeichnen wir. Wir können mit Hilfe dieser Linien uns ein Parallelogramm

zeichnen d. h. ein Viereck, dessen gegenüberliegende Seiten gleich und parallel sind; ziehen wir in diesem Parallelogramm vom Angriffspunkte der beiden Kräfte aus die Diagonale, so besagt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, daß die Diagonale nach Richtung und Größe die tatsächlich eintretende Wirkung der beiden Kräfte auf den Körper gibt, die Resultante.



Diese Regel läßt sich beliebig verallgemeinern. Wirken drei Kräfte auf einen Angriffspunkt, so wird man im allgemeinen aus den drei Linien, welche nach Richtung und Größe die Wirkungen der Einzelkräfte darstellen, ein Parallelepiped konstruieren können, d. h. einen Körper mit sechs Seitenflächen, von denen die beiden gegenüberliegenden Seitenflächen immer gleich und parallel sind. Die Diagonale in diesem, vom gemeinsamen Angriffspunkte gezogen, stellt nach Richtung und Größe die tatsächlich eintretende Wirkung der drei Kräfte auf den Körper dar: die Resultante.

Wie aber verfährt man, wenn man mehr als drei Kräfte in ihren Wirkungen zusammensetzen hat? Nun, dazu haben wir zunächst den Begriff der Zerlegung der Kraft nach Komponenten einzuführen. Die Zerlegung einer Kraft nach ihren Komponenten ist die umgekehrte Betrachtungsweise, wie die Zusammensetzung von Kräften zu einer Resultante. Haben die Richtungen der Komponenten besondere physikalische Bedeutung, so kommt die Zerlegung nach einer Komponente einem physikalischen Isolationsprozeß gleich; aber auch im Falle die Richtung keine besondere physikalische Bedeutung hat, ist die isolierende Zerlegung der Kraft nach dieser Richtung mathematisch durchaus berechtigt und führt zu keinem inneren Widerspruch.

Hat man eine Kraft, so kann man dieselbe auf diese Weise

als Diagonale einer unzähligen Menge von Parallelepipeda oder Parallelogrammen auffassen z. B. auch von rechtwinkligen Prismen oder Rechtecken. Die Seiten dieser unzähligen Parallelepipeda oder Parallelogramme sind sämtlich mögliche Komponenten unserer Resultante. Wir bevorzugen bei einer solchen Zerlegung entweder physikalisch ausgezeichnete Richtungen, oder der Einfachheit der Rechnung wegen: irgend drei aufeinander senkrechte Richtungen.

Bleiben wir bei der Zerlegung einer Wirkung nach drei aufeinander senkrechten Richtungen stehen, so können wir bei einer beliebig gegebenen Anzahl von Wirkungen, welche wir zusammensetzen sollen, zunächst alle diese Wirkungen nach denselben drei aufeinander senkrechten Richtungen uns zerlegt denken. Wir erhalten dann für jede der drei aufeinander senkrechten Richtungen eine Summe von Komponenten. Diese Summen von Komponenten in derselben Richtung addieren sich einfach zu einer Gesamtkomponente, und wir haben schließlich nur noch die drei zueinander senkrecht gerichteten Gesamtkomponenten mit Hilfe der Diagonale des Parallelepipeds (in diesem Falle rechtwinkligen Prismas) zusammensetzen.

Was ich hier ausführlich von der Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften oder vielmehr von Wirkungen der Kräfte berichtet habe, das gilt auch von einer Reihe von anderen Größen in der Physik. Wir können z. B. mit Wegen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen genau ebenso rechnen. Die Betrachtungsweise ist immer dieselbe. Man nennt solche Größen allgemein Vektoren und das Rechnen mit ihnen Vektorenrechnung. Es handelt sich um gleichzeitig stattfindende Einzelwirkungen und ihre Zusammensetzung zu der gleichzeitig eintretenden resultierenden Wirkung, und umgekehrt um eine resultierende Wirkung und ihre Zerlegung in die gleichzeitig stattfindenden Komponenten.

Die strenge Betrachtung ist wieder eine infinitesimale. Es liegt die Vorstellung zugrunde, daß es für sehr kurz



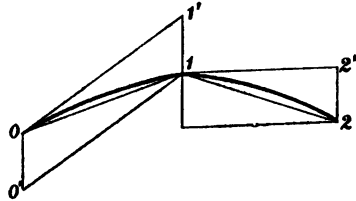
dauernde, in einem Zeitelement stattfindende Einzelwirkungen gleichgültig ist, ob die Einzelwirkungen gleichzeitig stattfinden oder nacheinander. So richtig diese zusammensetzende und zerlegende Betrachtungsweise für Zeitelemente ist, so falsch wäre sie in den meisten Fällen für endliche Zeitstrecken. Jedenfalls werden wir daran festzuhalten haben, daß das Aufsuchen der Komponente eines zusammengesetzten Prozesses, einer zusammengesetzten Wirkung ein Isolationsprozeß, das Aufsuchen der Resultante aus den einzelnen Komponenten ein Superpositionsprozeß ist.

*Anwendung auf den Vorgang des Wurfs.* — Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, wie ich ihn vorgetragen habe, sollte mehr als Veranschaulichung einer Regel dienen, wie das Isolations- und Superpositionsprinzip aufzufassen ist, im Falle es sich um Wirkungen in ungleicher Richtung handelt. Ich füge als Beispiel hier an: die Betrachtung des Wurfs und der Planetenbewegung, um die letzten etwas abstrakten Betrachtungen über das Parallelogramm der Kräfte zu beleben und näher zu bringen.

Ich werfe einen Ball, indem ich ihm in einer gewissen Richtung eine Geschwindigkeit erteile. Nach dem Galileischen Trägheitsgesetze würde er, sich selbst überlassen, mit dieser Geschwindigkeit in derselben Richtung weiter fortfliegen, aber nun wirkt die Schwere auf ihn; würde die Schwere allein wirken, so würde der Ball nach den bekannten Fallgesetzen vertikal nach unten fallen, er würde in der ersten Sekunde um etwa 5 Meter, in den zwei ersten Sekunden um 20 Meter, in den drei ersten Sekunden um 45 Meter fallen — die vertikalen Fallräume, von Anbeginn der Bewegung gerechnet, nehmen proportional den Quadraten der Zeiten zu. Nun findet beides statt: Trägheit und Wirkung der Schwere, und es entsteht die Frage, wie verträgt sich beides, wie wirkt beides zusammen?

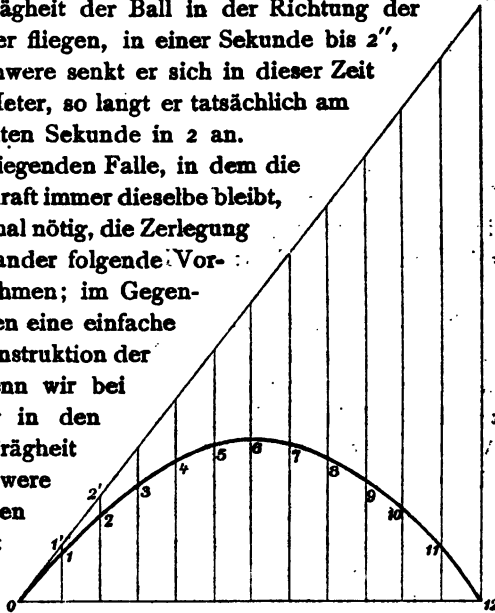
Unter dem ausschließlichen Einfluß der Trägheit wäre

der Ball in der ersten Sekunde von  $0$  nach  $1'$  geflogen, unter Wirkung der Schwere hätte er sich von  $1'$  in einer Sekunde um 5 Meter nach  $1$  gesenkt. Wir können auch in umgekehrter Reihenfolge sagen: Unter ausschließlicher Wirkung der Schwere wäre der Ball in einer Sekunde von  $0$  nach  $0'$  geflogen, unter ausschließlichem Einfluß der Trägheit hätte er sich von  $0'$  nach  $1$  bewegt. Beide Betrachtungen führen zu demselben Resultat, daß der zusammengesetzte Einfluß den Ball in der ersten Sekunde nach  $1$  führt.



Von  $1$  aus, so können wir weiter schließen, würde nun infolge der Trägheit der Ball in der Richtung der Tangente weiter fliegen, in einer Sekunde bis  $2''$ , infolge der Schwere senkt er sich in dieser Zeit wieder um 5 Meter, so langt er tatsächlich am Ende der zweiten Sekunde in  $2$  an.

In dem vorliegenden Falle, in dem die Richtung der Kraft immer dieselbe bleibt, ist es nicht einmal nötig, die Zerlegung in kurz aufeinander folgende Vorgänge vorzunehmen; im Gegenteil, wir erhalten eine einfache und genaue Konstruktion der Wurfbahn, wenn wir bei der Zerlegung in den Vorgang der Trägheit und der Schwere immer auf den Ausgangspunkt des Wurfs zurückgehen.



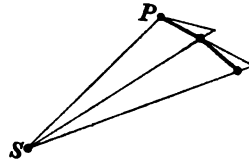
Es läßt sich dann die Betrachtung in folgender Weise fortführen: Unter ausschließlicher Folge der Trägheit wäre der Ball in 2 Sekunden von 0 nach 2' geflogen, unter der Wirkung der Schwere hätte er sich aber in 2 Sekunden von 2' um 20 Meter, also um das vierfache Stück wie in der ersten Sekunde, nach 2 gesenkt, der zusammengesetzte Vorgang führt den Ball also in 2 Sekunden nach 2.

So können wir fortfahren. Die schräge Linie gibt die anfängliche Richtung des Wurfes, und die darauf abgetragenen 12 Strecken entsprechen den nach dem Trägheitsgesetz in gleichen Zeiten zurückgelegten gleichen Wegen. Von den Endpunkten dieser Strecken sind vertikal nach unten die nach dem Fallgesetz durchfallenen Fallräume, entsprechend den Quadraten der Fallzeiten von Anfang der Bewegung an, abgetragen; die Endpunkte, durch einen Kurvenzug verbunden, geben die Wurfbahn — eine Parabel, wie der Mathematiker sie nennt. Der Widerstand der Luft ist hierbei nicht berücksichtigt.

In der veranschaulichten Weise kann man tatsächlich einen vollständigen Einblick in die Natur des Wurfes gewinnen und sich davon überzeugen, daß die gekrümmte Bahn des Wurfes dadurch zustande kommt, daß es wirklich zwei wesentlich getrennte Vorgänge sind, welche gleichzeitig zusammenwirken: die Trägheit und die Schwere.

*Anwendung auf den Vorgang der Planetenbewegung.* — Der Einblick in den Vorgang des Wurfes befähigt uns zur Auffassung schwierigerer, zusammengesetzter Bewegungen, z. B. zum Einblick in den Vorgang der Planetenbewegung. Nach Analogie der Betrachtung der Wurfbahn gehen wir auch hier davon aus, daß der Vorgang ein zusammengesetzter sein wird; er wird sich zusammensetzen aus der Trägheit der Planetenbewegung und aus einer Kraft. Das Trägheitsgesetz wird uns Anhaltspunkte dafür geben, wie wir eine solche Kraft in Ansatz zu bringen haben.

Unter ausschließlichem Einfluß der Trägheit würde sich der Planet in einer Sekunde in der Tangente der Bahn um ein Stück vorwärts bewegen. Was kann es sein, was den Planeten veranlaßt nach der Sonnenseite davon abzuweichen? Wenn wir seinen Ort auf der geradlinigen Bahn mit der Sonne durch eine Gerade verbinden, so lehren die genauen Beobachtungen, daß der Planet sich nach einer Sekunde in Wirklichkeit gerade auf dem Schnittpunkte mit der Bahnellipse befindet: was liegt also näher, als in Ansatz zu bringen, daß in der Richtung der Verbindungslinie nach der Sonne hin eine Kraft wirkt. Es ist damit von einer anderen Seite der Gedanke Newton's klar dargelegt, daß alle Himmelskörper gegeneinander gravitieren, nicht nur der Gedanke, sondern die Tat, der wir schon wiederholentlich in früheren Vorträgen gedacht haben.



4.

*Übergang zu Auseinandersetzungen allgemeinerer Art.* — Ich hoffe die aufgeführten Beispiele werden genügen, den Charakter der erkenntnistheoretischen Formen der Isolation und Superposition hinlänglich zu erläutern. Ebenso wie wir früher an die allgemeinen, erkenntnistheoretischen Formen der Induktion und Deduktion eine Reihe weiterer, allgemein wissenschaftlicher Beziehungen und Begriffe anknüpften, so mögen auch jetzt die erkenntnistheoretischen Formen der Isolation und Superposition den Ausgangspunkt bilden, eine Reihe allgemeiner, wissenschaftlicher Beziehungen und Begriffe zu erläutern: Wir wollen besprechen: die Beziehungen vom Abstrakten zum Konkreten, von Theorie zu Praxis, von Wahrheit zu Irrtum, von Denken zu Sein. Wir werden in unseren Untersuchungen teilweise zurückgreifen können auf Gegenstände, die wir schon erörtert haben, z. B. auf den Begriff des Naturgesetzes; aber

es wird sich uns Gelegenheit bieten, diese Gegenstände von einer anderen Seite, von einem anderen Standpunkte anzusehen, und so zur Klärung schon gefaßter Begriffe weitere Beiträge zu liefern.

*Verhältnis des Abstrakten zum Konkreten. — Erkenntnistheoretische Stellung der Naturgesetze in Rücksicht auf dieses Verhältnis.* — Wir beginnen mit dem Verhältnis vom Abstrakten zum Konkreten. Abstraktes, das ist das Abgezogene, das Begriffliche. Konkretes, das ist das Zusammengewachsene, die Wirklichkeit. Dieses Verhältnis des Abstrakten zum Konkreten ist es, welches sich uns besonders deutlich unter der erkenntnistheoretischen Form der Isolation und Superposition darstellt und hier zunächst einer Besprechung bedarf.

Dem Naturforscher steht als Objekt eine bunte Mannigfaltigkeit, die Wirklichkeit, das Konkrete gegenüber, welches zunächst geeignet erscheint, mehr zu zerstreuen als zu sammeln, mehr zu verwirren als zu klären. Um so mehr wird die Willenskraft in Anspruch genommen werden müssen, in aller Mannigfaltigkeit der Erscheinungen geistige Ruhepunkte zu finden, welche es ermöglichen, von Verschiedenheiten abzusehen, zu abstrahieren, bei jeder Wiederholung das Gleiche, Unvergängliche vom Ungleichen, Veränderlichen zu sondern. Unwillkürlich verbindet sich damit die Vorstellung, das Gleiche, Unveränderliche für wertvoller und wesentlicher zu halten, als das Ungleiche und Veränderliche. Es entsteht die Forderung, das Gleiche, Unveränderliche in seiner Reinheit zu isolieren und so zum Gesetz fortzuschreiten.

Das Gesetz ist der wahre naturwissenschaftliche Begriff, das *Abstractum*; es begreift eine Summe von Erscheinungen unter einem Gesichtspunkt, dem der Isolation, der Abstraktion. Die Aufstellung eines Gesetzes ist der Abschluß eines Isolationsprozesses; das Gesetz bleibt ein Ruhepunkt, ein

Isolationszentrum der Forschung. Der Naturforscher, der ein Naturgesetz aufstellt, schafft einen Begriff; das nebensächliche Geschäft, diesen Begriff zu bezeichnen, ein Wort für diesen Begriff zu schaffen, ist lediglich nur eine Frage der Zweckmäßigkeit.

Wir haben hier einen neuen Anhaltspunkt dafür gewonnen, was es eigentlich mit den Naturgesetzen auf sich hat. Wenn das Naturgesetz ein *Abstractum*, also ein Isolationszentrum ist, die Natur aber ein *Concretum*, ein *Superpositum*, dann werden wir auch nicht erwarten dürfen, daß es ein Naturgesetz gibt, welches das Universum in seiner Gesamtheit völlig begreift. Jedes Naturgesetz will die Natur, die Wirklichkeit nur nach einer Richtung, nach einem Gesichtspunkt begreifen, ohne daß damit andere Gesichtspunkte ausgeschlossen sein sollen.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft (Energie) beherrscht das Planetensystem, aber doch nicht in der Weise, daß es schon allein für sich hinreicht, alles auszusagen, was wir von der Bewegung des Planetensystems wissen, es enthält nur nach einer Richtung eine Aussage — eine Aussage, deren Richtigkeit sich auch bei ganz anderen Erscheinungsklassen wiederfindet, ja deren Richtigkeit für das Universum besteht — aber damit wird ebenso doch noch lange nicht das erschöpft, was im Universum vor sich geht. Das Newton'sche Gravitationsgesetz beherrscht auch das Planetensystem, es genügt dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft, sagt aber für den vorliegenden Fall der Planetenbewegung mehr aus als das Gesetz von der Erhaltung der Kraft; andererseits läßt es sich aber auch nicht so universell ausdehnen auf das Universum wie das Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Übrigens reicht auch das Newton'sche Gesetz für sich allein nicht aus, von der Bewegung der Planeten *in concreto* Rechenschaft abzulegen, es tut dies wieder nur in einer gewissen isolierenden Richtung. Wir müssen das Trägheitsgesetz von Galilei hinzunehmen, das

ist wieder ein Gesetz, das nach einer anderen Richtung die Bewegungserscheinungen begreift.

So sehen wir ganz klar, was es mit einer isolierenden Betrachtung auf sich hat. Ein Universalgesetz in dem Sinne, daß durch dasselbe das ganze Universum begriffen wird, gibt es nicht. Wohl gibt es aber Universalgesetze, die das Universum in einer gewissen Richtung begreifen (z. B. das Gesetz von der Erhaltung der Kraft).

Unsere Tätigkeit, Naturgesetze aufzustellen, ist also eine durchaus abstrakte, isolierende Tätigkeit. Unsere weitere Aufgabe, das Konkrete, das Wirkliche zur Darstellung zu bringen, besteht darin, das Wirkliche als aus einer Summe von Äußerungen einzelner Naturgesetze hervorgegangen darzustellen. Der Reichtum der Wirklichkeit besteht darin, daß sich gleiche und verschiedene Naturgesetze unter den verschiedensten, jedesmal gerade vorliegenden Bedingungen kombinieren und in ihren Wirkungen superponieren.

*Theorie und Praxis.* — Das Verhältnis von Theorie zu Praxis ist das nämliche wie das Verhältnis vom Abstrakten zum Konkreten, vom Naturgesetz zur Natur, nur in wenig veränderter Form. Über den Wert einer Theorie im Gegensatze zur Praxis und Wirklichkeit bestehen häufig, insbesondere unter reinen Praktikern, so ungeklärte Vorstellungen, daß es mir erwünscht erscheint, darüber einige allgemeinere Bemerkungen zu machen, wie solche die Naturwissenschaft nach unseren Beispielen an die Hand gibt.

Was will eine gute Theorie? Nun sie will natürlich in erster Linie Beziehungen zur Wirklichkeit haben; aber nicht allein das: eine gute Theorie will auch zu weiteren Gedanken anregen. Eine gute Theorie will die Wirklichkeit nicht nur unter gewissen Gesichtspunkten begreifen, sondern auch zu eignen und anderen Zwecken verwerten. Eine gute Theorie wird Dissonanzen mit der Wirklichkeit nicht aus dem Wege gehen, sie wird solche gerade mit Vorliebe auf-

suchen, um sich an ihnen zu vertiefen oder zu berichtigen. Im letzten Grunde, das kann man allen reinen Praktikern entgegenhalten, wird sich der Wert einer Theorie nach der Fruchtbarkeit der Ideen bemessen, zu denen sie Anregung bietet; unter einer Fülle von Gedanken und Anregungen stellt sich aber die Wahrheit viel schneller und leichter fest, als wenn es daran fehlt. Die richtigen der Wahrheit am nächsten kommenden Theorien sind auch die fruchtbarsten.

Und was hat es mit dem reinen Praktiker auf sich? Nun, ihm steht eine Unsumme von Einzelwahrnehmungen zur Verfügung, deren Richtigkeit er unter besonderen Bedingungen erprobt hat, ohne sich der Grenzen und Tragweite dieser Bedingungen bewußt zu sein. Tritt ihm der Theoretiker gegenüber, so kann es kommen, daß der Theoretiker nicht gleich die Bedingungen übersieht, welche für das Erfahrungsterrain des Praktikers Gültigkeit haben; er kann auf Grund einer Unkenntnis etwaiger lokaler Bedingungen irrtümliche Behauptungen aufstellen oder Vorhersagungen machen. Dann triumphiert der reine Praktiker, aber er tut Unrecht zu triumphieren, denn er weiß es noch viel weniger als der Theoretiker, daß seine Aussagen von Bedingungen abhängen, und er wird sich über die Tragweite seiner Äußerungen ganz anderen, viel weitgehenderen Täuschungen hingeben als ein guter Theoretiker. Der Praktiker steht nicht auf der höheren Warte. Er unterliegt der Einbildung, daß er das, was er unzählige Male praktisch erfahren, begrifflich beherrscht; ihm fehlt die Fähigkeit überhaupt zu begreifen, er weiß nicht reine und unreine Tatsachen zu scheiden.

Der beste Theoretiker wird auch zugleich der beste Praktiker, und der beste Praktiker zugleich der beste Theoretiker sein. Die theoretische Durchforschung eines Gebietes hat zunächst die Aufgabe, die Erscheinungen, wie solche die Natur oder die Wirklichkeit darbietet, in ihre naturgemäßen



Elemente zu zerlegen, die Mehrzahl der Erscheinungen als zusammengesetzt aufzufassen, die Teilerscheinungen als solche zu isolieren und in sich zu studieren.

Die experimentelle Forschung ist in erster Linie dazu berufen, diese Isolation mit Erfolg durchzuführen, Erscheinungen in ihrer Reinheit und Einfachheit darzustellen. Das ist dadurch möglich, daß der Forscher die Vorgänge im Laboratorium beim Experiment vollkommen in der Hand hat, im Gegensatz zu den Vorgängen in der äußeren Natur, auf deren Beobachtung er lediglich beschränkt bleibt.

Die theoretische Forschung hat dann die weitere Aufgabe, diese reinen Erscheinungen in ihrer größten Einfachheit auf gewisse Grundsätze und Gesetze zurückzuführen. Sind solche Gesetze erst durch Behandlung besonders einfacher Fälle festgestellt, dann ist es Sache der Geschicklichkeit, kompliziertere Erscheinungen derselben Art theoretisch und experimentell zu erfassen. Die Hauptaufgabe für das Laboratorium bleibt dann die Prüfung der Theorie und Hand in Hand damit die Bestimmung fundamentaler Konstanten.

Die Aufgaben des Experimentators und Theoretikers lassen sich nicht immer scharf sondern; sie durchdringen und befruchten sich gegenseitig. Die Geschichte der Wissenschaft bietet genug Fälle, in welchen der Forscher in einer Person beide Aufgaben zu vereinen verstand.

Das ist in großen Zügen angedeutet die Vorbereitung, mit welcher der Mensch es im allgemeinen erst wagen kann, den Naturgesetzen, auf welche ihm ein Eingriff versagt ist, entgegenzutreten, um sie in ihrem Walten mit Erfolg zu beobachten und kennen zu lernen. Hier gilt es nun, sich durch den bunten Wechsel, der nun einmal der Wirklichkeit eigen ist, nicht abhalten zu lassen, die im Laboratorium theoretisch klar gestellten Vorgänge auch in der Wirklichkeit da wieder zu erkennen, wo sie sich verhältnismäßig rein darbieten.

Ich will die Gefahr nicht verkennen, welche darin liegt, der Theorie zu Liebe die Komplikation der Verhältnisse, wie sie die Wirklichkeit bietet, zu unterschätzen; ich will auch zugeben, daß Fälle vorgekommen sind, in welchen man in den Irrtum verfiel, die Verhältnisse in Wirklichkeit für weniger veränderlich und einfacher zu halten. Aber die Geschichte der Wissenschaft liefert wohl noch mehr Beispiele für den entgegengesetzten Fall, in welchem die in der Natur vorliegenden Verhältnisse sich schließlich als einfacher herausstellten, als man es sich gedacht. Fundamentale Gedanken großer Forscher haben sich in der Regel in der Gestalt überaus großer Einfachheit den teilnehmenden Zeitgenossen dargestellt und gerade darum zunächst Einwendungen erfahren. Wer die Theorie wirklich beherrscht, der wird auch wissen, wo und wieweit er sie auf die Wirklichkeit anzuwenden hat; verfehlte Anwendung und ebenso der Argwohn gegen eine solche wird meist da vorliegen, wo die Theorie erst sehr unvollkommen erfaßt ist. Zur Beherrschung der Theorie gehört natürlich vor allem die Kenntnis der Bedingungen, unter denen sie gültig und anwendbar ist.

*Wahrheit und Irrtum, Denken und Sein.* — Der rohe Praktiker ist in der Regel geneigt, sich ein ganz falsches Bild über Wahrheit und Irrtum zu machen, als sich von unserem Standpunkte aus dieses Verhältnis darstellen mag. Es können im wesentlichen nur geschichtliche Rückblicke nach der erkenntnistheoretischen Seite sein, welche uns einen Einblick in das Verhältnis von Wahrheit und Irrtum gestatten. Wie wenig man aber bisher auf diesen relativen Standpunkt Wert gelegt und ihm Bedeutung zuerkannt hat, geht schon daraus hervor, daß man nur immer eine Geschichte der Wahrheiten geschrieben hat, an eine Geschichte der Irrtümer wenig gedacht hat, und doch sind beide Geschichten untrennbar verbunden und müssen es

sein.<sup>1)</sup> Ist es doch stets der Weg des Irrtums, welcher zur Wahrheit führt, und gibt es doch in Wissenschaft und Leben — fast möchte man sagen, keinen direkteren Weg.

Die Möglichkeit prinzipieller Irrtümer soll nicht geleugnet werden, aber in der Mehrzahl der Fälle ist ein Irrtum doch nur ein teilweiser. Die Isolationselemente mögen meist richtig erkannt sein, aber ein Faktor in dem Superpositionsprozeß mag entweder überhaupt übersehen oder in seiner Stärke auf die Gesamterscheinung über- oder unterschätzt sein. Im naturwissenschaftlichen Denken hat für ein schon hinlänglich tief durchgearbeitetes Gebiet ein Irrtum in den meisten Fällen gegenwärtig nur eine Korrektur, eine Änderung zur Folge, die sich nach dem Schema der Superposition geräuschlos vollziehen kann. Diese Auffassung hat zugleich das Gute, daß sie den Stachel nimmt, der so leicht dem Vorwurf und Eingeständnis des Irrtums anhaftet, und darin liegt ein immerhin förderliches Moment.

Ebenso wie der Irrtum in der Mehrzahl der Fälle ein teilweiser ist, ist aber auch die Wahrheit in der Mehrzahl der Fälle eine teilweise. Aller Streit in der Welt, im öffentlichen Leben nimmt mit davon seinen Ausgangspunkt, daß er an Sätze anknüpft, deren Richtigkeit theoretisch nur bedingt zuzugeben ist, deren Allgemeingültigkeit aber, praktisch ins Leben übersetzt, behauptet wird, und zwar mit Unrecht behauptet wird. Darin liegt die Gefahr der Schlagworte, welche dazu geschaffen erscheinen, nicht an eine stille Überlegung, sondern an eine unruhige und beunruhigende Leidenschaft zu appellieren.

---

1) Das Werk von Ostwald „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre“ Leipzig 1896 sucht diesen Anforderungen zu entsprechen. Dieses lag schon bei Abfassung der ersten Auflage meiner Grundzüge vor. Später erschien das wertvolle Werk von E. Mach: „Erkenntnis und Irrtum“. Skizzen zur Psychologie der Forschung. Leipzig 1905.

## NEUNTER VORTRAG.

### Einführung des Begriffs der Größenordnung.

#### I.

*Relativer Begriff des Großen und Kleinen.* — Wir haben die in der Natur auftretenden Erscheinungen als zusammengesetzte aufzufassen gelernt. Ich habe versucht eine Anschauung davon zu geben, wie es gelingen kann, einzelne Elemente aus einem zusammengesetzten Erscheinungskomplex in ihrer Reinheit zu isolieren und in sich zu studieren. Erst dann beherrschen wir eine Erscheinung, wenn wir einen Einblick haben, in welcher Weise sich die isolierten, einfachen Elemente zu dem zusammensetzen, was wir in der äußeren Wirklichkeit wahrnehmen, was wir Wirklichkeit nennen.

Wir betrachten jetzt die Isolationselemente nach einer gewissen Richtung; wir vergleichen sie untereinander nach ihrer Größe, nach ihrer Größenordnung und kommen dadurch zu einer Reihe fundamentaler Begriffe, die wir uns klar zu machen haben werden.

Was ist groß, was ist klein? Mit diesen Fragen wollen wir beginnen, und die Antwort darauf ist die, daß diese Fragen an und für sich keine Bedeutung, ja keinen Sinn haben, daß sie erst einen solchen bekommen, wenn wir sie in Beziehung zu gegebenen Größen setzen. Es handelt sich hier nicht um absolute, es handelt sich um relative Begriffe.

Die Aussagen des gewöhnlichen Lebens enthalten stillschweigend solche Beziehungen; sie entnehmen ihren Maß-

stab mit Recht dem alltäglichen Leben, den menschlichen Anschauungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes. Ein Millimeter, ein Gramm gilt im gewöhnlichen Leben als eine kleine Größe, ebenso wie eine Meile, ein Zentner als großer Wert gelten mag; sie gelten es mit Beziehung auf gewöhnliche Verhältnisse, auf gewöhnlichen Verkehr. Aber an sich betrachtet sind diese Aussagen recht inhaltlos und nichtssagend. Der Erfahrungskreis des gewöhnlichen Lebens ist dazu ein viel zu eng begrenzter, als daß wir hoffen könnten, durch ihn die Anregung zu einer Verschärfung und Vertiefung unserer Anschauungen und Begriffe über Größen zu erhalten.

Wie sehr wird doch durch die Naturwissenschaften unser Erfahrungskreis nach dieser Richtung erweitert! Dem gewöhnlichen Standpunkte gegenüber lehrt Theorie und Beobachtung, daß die Wellenlängen des Lichtes je nach der Farbe nach Bruchteilen von  $\frac{1}{1000}$  Millimeter zählen, daß die Einzelschwingung in dem billionten Teil einer Sekunde vor sich geht, daß das Licht im Weltraum sich in einer Sekunde um 42 000 Meilen fortpflanzt.

Mit so kleinen und so großen Zahlen, wie ich sie hier beispielsweise angeführt, ist es schwer, eine Anschauung zu verbinden; die Anschauung versagt dabei leicht. Es läßt sich nicht leugnen, daß für eine direkte Größenanschauung Zahlen zwischen 1 und 10 am bequemsten liegen. Dieser Forderung unserer Anschauung trägt die Wissenschaft dadurch Rechnung, daß sie für verschiedene, gerade vorliegende Fälle auch verschiedene Grundmaßstäbe wählt. Sie mißt Bruchteile von  $\frac{1}{10000}$  bis  $\frac{1}{1000}$  Millimeter nach Wellenlängen einer Farbe, sie mißt Längen, die das Planetensystem betreffen, nach Durchmessern der Erde oder der Erdbahn um die Sonne; sie mißt Längen, welche die Fixsternwelt betreffen, nach Lichtjahren, d. h. nach der Länge als Einheit, welche das Licht in einem Jahre zurücklegen würde.

Der Wissenschaft liegt die Förderung dieser Anschauung um so näher, als sie bei Ausführung der Messung solcher kleinen und großen Werte tatsächlich in den seltensten Fällen auf absolute Auswertung in Meter zurückzugehen hat, als sie tatsächlich in den meisten Fällen sich auf relative Auswertung in geeigneten Vergleichsmaßen beschränken muß.

*Begriff der Genauigkeit und der Genauigkeitsgrenze.* — An diese kurzen Hinweise über den relativen Begriff kleiner und großer Werte schließe ich einige Bemerkungen darüber, was man unter Genauigkeit wissenschaftlich zu verstehen hat.

Der Laie staunt in der Regel die kleinen Werte an, zu denen z. B. die Optik führt und hält sie für den Superlativ von Genauigkeit; er läßt sich dabei leiten von den Messungen, die ihm das gewöhnliche Leben veranschaulicht. Angaben von Längen bis auf Millimeter oder von Zeiten bis auf Sekunden oder von Gewichten bis auf Teile eines Grammes haben im gewöhnlichen Leben in der Regel keinen praktischen Zweck mehr, und so ist man denn gar zu sehr geneigt, Angaben, die bis auf Millimeter, Sekunden oder Teile eines Grammes gehen, für genau zu halten. Hand in Hand damit pflegt die Vorstellung zu gehen, daß große Werte, wie die Entfernung der Sonne von der Erde, bis auf Längen bekannt sein müßten, wie sie durch terrestrische Verhältnisse gegeben sind, und das Vertrauen auf die Sicherheit astronomischer Messungen pflegt einen Stoß zu bekommen, wenn darauf hingewiesen wird, daß die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde vielleicht um 200 000 Meilen zu groß gerechnet sei.

Die Genauigkeit einer Messung bemißt sich nie nach der absoluten Größe des Wertes, sondern stets nach dem Verhältnis der Genauigkeitsgrenze einer Messung zum Gesamtwert der Messung. Keine Messung kann absolut genau ausgeführt werden, das ist in der Unvollkommenheit unserer

Sinne und unserer Hilfsmittel bedingt. Jede Messung ist mit einem Fehler behaftet, darum ist sie aber nicht verfehlt; sie wird um so weniger verfehlt sein, je kleiner das Verhältnis der Fehlergröße zur Größe der Messung ist. Wir müssen uns des Ausdrucks bedienen: eine Messung ist bis auf den so und sovielten Teil des Gesamtwertes richtig.

Wenn wir in einem Laden drei Meter Tuch kaufen, dann wird es nicht darauf ankommen, ob der Kaufmann uns einen Zentimeter mehr oder weniger gibt; wir werden nur eine Genauigkeit von  $\frac{1}{300}$  in der Messung verlangen, das ist ein anderer Ausdruck für dieselbe Sache. Ganz ebenso haben wir die Genauigkeit von Angaben zu beurteilen, die uns auf fremden Gebieten entgegentreten. In keiner Wissenschaft, die sich mit einer äußeren Wirklichkeit entnommenen Objekten abgibt, ist das Streben nach genauen Angaben soweit ausgebildet wie in der Physik und Astronomie. Ist es richtig, daß die Entfernung der Sonne von der Erde um 200 000 Meilen zweifelhaft ist, dann ist die Genauigkeit der Kenntnis dieser Entfernung  $\frac{1}{100}$ . Wir werden ganz ähnlich die Genauigkeit, mit der uns bis jetzt die Lichtgeschwindigkeit bekannt ist,  $\frac{1}{500}$  setzen.<sup>1)</sup>

Der Fernstehende wird erstaunt sein, wenn er von der verhältnismäßig geringen Genauigkeit hört, welche für einige der Natur entnommenen Zahlenwerte nur beansprucht werden darf, und wird die Frage aufwerfen, wie es kommt, daß die Genauigkeit der mit einem so großen Aufwand von Zeit und Kraft erhaltenen Werte so sehr zurücksteht, z. B. hinter

---

1) Anmerungsweise mag hier die erste Promotionsthese von H. Hertz aus dem Jahre 1880 ihren Platz finden:

„Ein Fehler von  $\frac{1}{100}$  des wahren Wertes bildet die Grenze für die wünschenswerte Genauigkeit, ein Fehler von  $\frac{1}{1000}$  des wahren Wertes die Grenze für die mögliche Genauigkeit in der Bestimmung einer physikalischen Konstanten; genauer als bis auf  $\frac{1}{10\,000}$  ihres Wertes läßt sich kaum eine physikalische Konstante auch nur definieren.“

einfachen Längenmessungen, wie wir solche mit einem Maßstabe ausführen.

Der Grund liegt, um mich kurz auszudrücken, darin, daß wir in dem einen Fall unter sehr günstigen, in dem anderen Fall unter sehr ungünstigen Bedingungen eine Messung ausführen. Man wird zwischen direkten und indirekten Messungen unterscheiden können. Es liegt auf der Hand, daß direkte Messungen, wo wir z. B. Längen durch direktes Heranhalten eines Maßstabes bestimmen, in der Regel einer viel größeren Genauigkeit zugänglich sind, als indirekte, wo wir z. B. bei der Entfernung der Sonne von der Erde auf das direkte Anlegen eines Maßstabes verzichten müssen und auf die Messung kleiner Winkel angewiesen sind, wo jeder Fehler in Bruchteilen einer Bogensekunde bereits einen Unterschied von Tausenden von Meilen bedingt.

Der Sinn für Genauigkeit ist in der heutigen Bildung noch wenig entwickelt. Darum findet man häufig Zahlenangaben weit genauer aufgeführt, als es den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Diesem Mangel mag Vorschub geleistet werden durch die Art und Weise, wie das Zifferrechnen in höheren Lehranstalten betrieben wird. Es mag heute anders sein, aber zu meiner Schulzeit wurde mit der Genauigkeit im Zifferrechnen auf Kosten von Zeit und Kraft ein übertriebenes Spiel getrieben, welches in keiner Beziehung zur äußeren Wirklichkeit stand.

Wenn hier von Genauigkeit soviel gesprochen wird, dann mag es manchem vielleicht als Mangel erscheinen, daß ich die Mathematik als das Ideal einer genauen Wissenschaft so gar nicht heranziehe. Der Grund liegt darin, daß die Mathematik mit ihrem ideellen Reich von Denknöthigkeiten am wenigsten dazu geeignet ist. Den der äußeren Wirklichkeit entsprechenden Zahlenbegriff und den Begriff für Genauigkeit der Angaben eines Zahlenwertes in Ziffern auszubilden, ist nicht die reine Mathematik berufen, die ja überhaupt mit Zifferrechnen so gut wie nichts zu tun hat,



sondern insbesondere die in Physik und Astronomie angewandte Mathematik. Das Zifferrechnen muß Hand in Hand gehen mit der Anschauung in der Wirklichkeit gegebener Verhältnisse und mit der Ausbildung eines der Wirklichkeit entsprechenden Genauigkeitsbegriffs.

Soweit die Angabe von Genauigkeitsgrenzen möglich ist, soweit dürfen die Naturwissenschaften die Bezeichnung exakt in Anspruch nehmen. Die Resultate einer exakten Wissenschaft lassen sich durch Angabe der Genauigkeitsgrenzen in eine Form bringen, die heute wie nach Jahrhunderten gelten wird. Sehen wir von dem Auftreten neuer Erscheinungsbereiche ab, so ist der weitere Fortschritt überhaupt in der Einengung der Genauigkeitsgrenzen zu suchen.

*Unterschied zwischen Schätzen und Messen.* — Dem, was ich über Messen und Genauigkeit einer Messung beigebracht habe, wird sich am besten das anfügen, was über Schätzen und Genauigkeit einer Schätzung zu sagen ist.

Eine schätzende Behandlung eines Gegenstandes schließt ebenso wenig wie eine messende Behandlung Exaktheit aus. In beiden Fällen haben wir Grenzwerte aufzustellen, zwischen welchen der wahre, gesuchte Wert liegt. Der Unterschied zwischen schätzender und messender Behandlung besteht streng genommen nur darin, daß bei schätzender Behandlung die Grenzwerte weiter auseinanderliegen als bei messender Behandlung. Auch wenn bei schätzender Behandlung die gesuchte Größe zwischen dem einfachen und zehnfachen Wert schwankt, wir haben doch eine Anschauung gewonnen. Die Aufsuchung eines Grenzwertes ist Sache einer vollkommen exakten Rechnung, für welche die Daten sicher so zu wählen sind, daß sie auf der einen Seite der Wirklichkeit liegen. Es gelingt nicht immer, Grenzwerte zu finden, zwischen denen die Wirklichkeit liegt, in vielen Fällen wird man sich mit einer oberen oder unteren Grenze begnügen müssen.

## 2.

*Ergebnisse der Erdthermometerstationen als Beispiel exakt-schätzender Behandlungsweisen.* — Es wird gut sein, unsere Anschauungen über Schätzung und schätzende Behandlung an einem konkreten Beispiele zu vertiefen. Wir ziehen dazu als Beispiel die Verwertung der Temperaturverteilung in der Nähe der Erdoberfläche heran, welche schon zur Erläuterung des Isolations- und Superpositionsprozesses unsere Anschauung bereicherte, und zwar soll es sich handeln um Verwertung der Beobachtung der Erdtemperaturen zu Fragen der Geophysik. Bei den meisten Fragen der exakten Geophysik kann nur von einer schätzenden Behandlung des Gegenstandes die Rede sein.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst die Forderungen, die wir an eine Erdthermometerstation zu stellen haben, um sie geophysikalischen, also meteorologischen und geologischen Zwecken dienstbar zu machen:

In erster Linie wird man für die Erdoberfläche solche Bedingungen wählen oder schaffen, wie sie für den größeren Teil der Landoberfläche der Erde in Betracht kommen. Das Terrain wird im Sommer mit Vegetation (Rasen), im Winter mit Schnee bedeckt zu belassen sein, es wird ebensowenig wie vor Sonnenschein, vor Regen und Schnee zu schützen sein. Es wird eben mit einem Wort in alle natürlichen Bedingungen der Station nicht einzugreifen sein.

Gestatten die Mittel die Anlage einer zweiten Station neben der ersten, dann wird es sich allerdings gerade empfehlen, die Einwirkung der natürlichen Bedingungen dadurch zu studieren, daß man willkürlich in dieselben eingreift, daß man auf der Nebenstation die Einwirkung auf eine vegetationslose Erdoberfläche studiert, welche man Sommer und Winter in gleicher Beschaffenheit erhält. Man wird also z. B. unter Umständen auf der Nebenstation im Winter nach jedem Schneefall den Schnee wegfegen, um

auch diesen Einfluß auf meteorologische und geologische Faktoren gesondert zu studieren.

Aber in erster Linie werden wir bei wissenschaftlichen Fragen, wie sie in das Gebiet der Meteorologie und Geologie einschlagen, gar nicht den Wunsch haben, in die Vorgänge der Natur einzugreifen; wir wollen hier eben die Natur in ihrer eigenen Werkstätte belauschen, wir wollen die Natur rein in sich wirken lassen, und darum beschränken wir uns auf die Beobachtung und verzichten auf das Experiment.

Da gerade die Wärmeleitungsvorgänge im Erdinnern sich in hervorragendem Grade zur Beantwortung gewisser meteorologischer und geologischer Fragen eignen, wird bei Wahl und Anlage der Erdthermometerstationen atmosphärischen Niederschlägen gegenüber möglichst wenig durchlässiger Boden mit Vorteil gewählt werden müssen, sehr durchlässiger Sandboden nur vergleichungsweise heranzuziehen sein. Die Wärmekonvektion wird dann nur für die obersten Schichten in Betracht kommen, bis in eine Tiefe von höchstens einem Meter.

Was weiter die Wahl des Bodens betrifft, so wird ein möglichst gleiches, thermisches Verhalten für verschiedene Tiefen unter der Erdoberfläche zwar wünschenswert, in erster Linie aber ein solches innerhalb horizontaler Schichten von mäßiger Ausdehnung geboten sein.

Die aufgeführten Bedingungen für Anlage einer Erdthermometerstation geben uns weitere Fingerzeige dafür, wie eine schätzende Betrachtungsweise z. B. für geophysikalische Fragen hier einzuführen sein wird:

Wenn schon innerhalb eines nicht allzu ausgedehnten Areals die Eigenschaften des Bodens und der Erdoberfläche in der mannigfaltigsten Weise wechseln, wenn wir andererseits durch rein äußerliche Mittel gezwungen sind, unsere Aufmerksamkeit auf das sehr kleine Areal der Erdthermometerstationen einzuschränken, dann werden wir natürlich

zur Beantwortung solcher Fragen, wie ich sie aufgeworfen, den an Erdthermometerstationen gewonnenen Resultaten, selbst wenn sie in sich exakten Wert zu beanspruchen hätten, keine andere wissenschaftliche Bedeutung beilegen, als daß wir dadurch eine Anschauung von Größenverhältnissen gewonnen haben.

Gehen wir nun einmal näher auf einige geophysikalische Fragen ein: Wenn die Erde fortdauernd Wärme abgibt, dann war die Erde früher wärmer. Es entstehen dann Fragen, wie die: Wie lange ist es her, daß thermisch die Bedingungen für eine gedeihliche Entwicklung organischen Lebens an der Erdoberfläche vorlagen? In welcher Richtung die Beantwortung dieser Frage zu versuchen ist, wird durch eine andere Frage nahegelegt, die wir hier gleich mit aufwerfen wollen, die Frage: Welchen Anteil nimmt die innere Erdwärme an dem Klima eines Erdorts?

Letztere Frage beantwortet sich sehr schnell. Dieselbe geringe Wärmemenge, welche jährlich die Erde gegen den Weltenraum frei durch Ausstrahlung mehr abgibt, als sie empfängt, ist es, welche auch der Erdoberfläche aus dem Erdinnern zuströmt. Eben weil diese Wärmemenge so gering ist, kann sie unmöglich das Klima eines Ortes wesentlich bedingen — es kommt etwa ein Temperaturbetrag von  $\frac{1}{10}^{\circ}$  C auf der Erdoberfläche auf Kosten der inneren Erdwärme.

Es ist im Wesentlichen die geringe Leitungsfähigkeit der Erdoberfläche, welche das Klima eines Erdortes unabhängig von der inneren Erdwärme macht, und darum können wir sehr weit in die Entwicklungsgeschichte des Erdballs zurückgehen, wir haben also mit sehr großen Zeiten zu rechnen, ehe wir zu andern Verhältnissen gelangen. Wir müssen unsern Blick zurückwenden in die fernen Zeiten, da die Erdoberfläche erstarrte — das wird naturgemäß der Anfangspunkt der Zeitrechnung für das organische Leben sein müssen — oder, da wir gerade diesen Anfangspunkt suchen, die Schmelztemperatur der Erdoberfläche wird einen An-

knüpfungspunkt für unsere daraufhin angestellten Berechnungen sein müssen.

Kurze Zeit nach Erstarrung der äußersten Erdoberfläche — diese Anschauung machen wir zu der unsrigen — waren die Bedingungen gegeben, unter denen organisches Leben gedeihen konnte, durfte man bereits — das ist der Ausdruck Sir W. Thomson's (Lord Kelvin), des Meisters in der Beantwortung dieser Fragen — ungestraft auf der Erdoberfläche wandern.

Man könnte vielleicht meinen, daß die Beantwortung der Frage nach dem Beginne des organischen Lebens (genauer nach dem Beginne der Bedingungen, unter denen organisches Leben möglich war) nicht allein von der Abkühlung der Erde, sondern auch von der Abkühlung der Sonne abhing; indes ist hier darauf hinzuweisen, daß die Geschwindigkeit der Abkühlungsvorgänge durch das Verhältnis der Masse, welche die Wärme hält, zu der Oberfläche, welche sie ausstrahlt, bedingt ist; je größer dieses Verhältnis ist, desto langsamer erfolgt die Abkühlung. Es kann danach kein Zweifel sein, daß die Erde die durch Abkühlung bedingten Entwicklungsvorgänge viel schneller wie die Sonne vollzieht; wir müssen beide mit einem ganz anderen Maßstab messen, das gibt den Ausschlag gegen das erhobene Bedenken. Gewiß ist die Tatsache, zumal für den gegenwärtigen Bestand, unbestreitbar, daß ohne Sonne kein organisches Leben möglich, ja denkbar sei. Die Sonne mit ihrem sehr viel langsameren Abkühlungsprozeß, mit ihrer infolgedessen sehr langsam an Intensität abnehmenden Wärmestrahlung bedingt das in weiter Ferne liegende Ende organischen Lebens; zur Feststellung des Beginns desselben kann ihre Entwicklungsgeschichte nicht in Betracht kommen.

Es liegt auf der Hand, daß zur Beantwortung der angeregten Fragen Größe und Kugelgestalt der Erde in Rechnung zu ziehen sind. Die Studien über das Eindringen der Wärmeschwankungen in das Erdinnere beschränken das

Interesse auf eine so geringe Tiefe unter der Erdoberfläche, daß die Kugelgestalt der Erde als solche nicht in Betracht kommt; aber schon, wenn wir die Frage nach der geothermischen Tiefenstufe für größere Tiefen aufwerfen, ist es notwendig, die Kugelgestalt der Erde zu berücksichtigen. Mit größerer Tiefe nimmt darum die Temperatur langsamer zu.

Wir gedenken kurz der Thomson'schen Resultate, welche die uns interessierenden Anschauungen gewähren. Wenn wir die Erstarrungstemperatur von Felsmassen zu ca. 4000° C ansetzen, dann ergibt die unter gewissen Bedingungen nach den Prinzipien der Wärmeleitung durchgeführte Rechnung, daß es ca. 100 Millionen Jahre her sind, seit die Erdoberfläche erstarrte. Die geothermische Tiefenstufe betrug für die Nähe der Erdoberfläche dann

40 Tausend Jahre nach der Erstarrung	0,6 Meter
160 " " " " "	1,2 "
4 Millionen " " " " "	6 "
100 " " " " "	30 "

auf 1° C. Da aber die Bedingungen, unter denen die Rechnung angestellt ist, der Natur der Sache entsprechend nur annähernd zutreffen, genügt man allen exakten Anforderungen, wenn man sich bescheidet, Grenzwerte aufzustellen, zwischen denen sicher die Wirklichkeit liegt. Dieser Forderung entspricht Thomson, wenn er angibt, daß es jedenfalls länger als 20 Millionen Jahre, aber kürzer als 400 Millionen Jahre her ist, seit die Erdoberfläche erstarrte.

Daß in der Tat für die Feststellung wirklich exakter Grenzwerte auf die mannigfaltigsten Möglichkeiten Rücksicht genommen werden mußte, kann hier nur kurz angedeutet werden. Die Erstarrung konnte von der Erdoberfläche, sie konnte, was wahrscheinlicher ist, vom Zentrum der Erde aus erfolgen. Es waren für die Leitungsfähigkeit der Erde extreme Werte in Ansatz zu bringen; es war endlich zu berücksichtigen, daß bei den abnormen Druckverhältnissen, unter denen sich das Erdinnere befindet, nicht un-

mittelbar Anschauungen von der Erdoberfläche auf das Erdinnere übertragen werden durften.

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

## 3.

*Begriff der Größenordnung, des Wesentlichen und Vollständigen.* — Wir nehmen nun wieder unsere Isolations- und Superpositionsbetrachtungen auf, um in sie unsere geläuterten Begriffe über kleine und große Werte, über Messen und Schätzen einzuführen. Wir haben bisher bei Superpositionsprozessen über die Größenverhältnisse der zusammensetzenden Elemente keine näheren Angaben gemacht; wir haben stillschweigend vergleichbare Größen vorausgesetzt, deren Werte nicht allzu verschieden voneinander sind.

Wir führen jetzt den Begriff der Größenordnung ein. Dieser Begriff hat zur Voraussetzung, daß Größen von erheblich verschiedenem Werte zueinander im Vergleich stehen. Wenn z. B. unter Einwirkung verschiedener Kräfte ein und derselbe Körper Wege von erheblich verschiedener Größe zurücklegt, dann kann es für unsere Betrachtungen Vorteil haben, davon Gebrauch zu machen, daß diese Größen so verschieden sind. Wenn beispielsweise die Zahlenwerte 1 und  $\frac{1}{100}$  zum Vergleiche stehen, dann können wir uns ausdrücken, der zweite Wert ist gegenüber dem ersten von der Ordnung  $\frac{1}{100}$  gegen 1.

Wir denken jetzt an ein zusammengesetztes Erscheinungsgebiet, in dem die einzelnen Isolationselemente mit einer solchen erheblich verschiedenen Größenordnung beteiligt sind, und es entsteht die Frage, ob wir aus einem so charakterisierten Erscheinungsgebiete für unsere Erkenntnistheorie Anregung und Gewinn in der Richtung neuer Begriffe, neuer Betrachtungsweisen gewinnen können.

Da drängt sich unwillkürlich die Anschauung auf, daß gewisse Isolationselemente von erheblich größerer Bedeutung als andere sein können, daß es unter Umständen von Vorteil sein kann, die ganze Aufmerksamkeit der Rolle des

bedeutungsvollsten Isolationselementes zuzuwenden, die Rolle der anderen Isolationselemente erst in zweiter Linie zu studieren. Es tritt mit einem Wort der Begriff des Vollständigen hinter dem Begriff des Wesentlichen zurück.

Es ist am Ende des allgemeinen Abschnittes über Isolation und Superposition der Gedanke ausgesprochen worden, daß die Formen der Isolation und Superposition ihr Analogon in der Organisation unserer Körper wie in der Organisation unseres Geistes zu haben scheinen. Dieser Gedanke gewinnt an Bedeutung, wenn wir ihn ausdehnen auf Superpositionsprozesse, in denen die Isolationselemente mit erheblich verschiedener Größenordnung auftreten. Die Organisation unserer Sinne gibt uns da ein recht genaues Vorbild, wie wir mit unserem Geiste ein derartig zusammengesetztes Erscheinungsgebiet fassen sollen.

Jede Erscheinung ist für uns, auch wenn wir sie durch Instrumente unterstützt beobachten, etwas Unvollständiges: die psychophysische Tatsache, daß jeder äußere Reiz einen „Schwellenwert“ überschritten haben muß, um auf uns einwirken zu können, gibt zu einem Teile die Erklärung dafür.

Wenn nun auch dieser Schwellenwert für das einzelne Individuum bei gegebener Disposition seinen ganz bestimmten, festen Wert hat, so ist doch durch denselben innerhalb der äußeren, durch die Größenordnung unterscheidbaren Vorgänge eine an sich willkürliche Scheidewand gezogen. Die in verhältnismäßig großen Dimensionen oder in verhältnismäßig intensiven Stärken stattfindenden Vorgänge treten in das Bewußtsein der Erscheinung, die anderen nicht. Diese für die außerhalb unseres Körpers stattfindenden Vorgänge durchaus willkürliche Scheidewand kann zwar durch Verfeinerung der instrumentellen Hilfsmittel und Methoden zurückverlegt werden, aufgehoben werden nie.

Kirchhoff hat bekanntlich es als Aufgabe der Mechanik präzisiert: „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben“ —



eine Formulierung, die sich leicht auf die gesamte Physik, ja auf die gesamte Naturwissenschaft ausdehnen läßt, wenn man das Wort „Bewegungen“ durch das Wort „Erscheinungen“ ersetzt. Man hat diese Formulierung nach der Seite der Beschreibung als zu eng bezeichnet; ich möchte sie hier nach der Richtung der Vollständigkeit noch immer als zu weit bezeichnen. Ich sage: es ist unmöglich, die in der Natur vor sich gehenden Erscheinungen vollständig zu beschreiben; wir müssen uns dabei bescheiden, sie nur im Wesentlichen zu beschreiben.

Man könnte gegen die Behauptung der Unmöglichkeit einer vollständigen Beschreibung einwenden, daß unsere Theorien und Vorstellungen ja mit dazu helfen sollen, das festzustellen, was jenseits der Schwelle der Erscheinungen tatsächlich vor sich geht — ich erinnere an die atomistische Anschauung von der Konstitution der Materie. Gewiß bedingen Vorgänge, die sich unterhalb der Schwelle des Bewußtseins abspielen, Erscheinungen, die in unser Bewußtsein treten, aber dies doch nur teilweise; sie werden auch Vorgänge bedingen, die sich unter dem Schwellenwerte des Bewußtseins abspielen und deren Kenntnis doch für eine Vollständigkeit der Beschreibung notwendig sein dürfte. Die Grenzen unseres Naturerkennens scheinen mit dadurch bedingt.

Der Begriff des Wesentlichen hat in der Physik seine große Bedeutung. Selbst in den Fällen, in welchen uns strenge — wir können in gewissem Sinne sagen — vollständige Formeln zur Verfügung stehen, ziehen wir es auf Kosten der Strenge, beziehungsweise der Vollständigkeit vor, dieselben nach Größenordnungen zu entwickeln und hinzuschreiben, um zu erkennen, welche Größe für das Resultat wesentlich sei, also eine genauere Bestimmung erfordere, als andere Werte. Ohne damit eine Nachlässigkeit zu begehen, vernachlässigen wir kleine Werte gegenüber größeren; wir bleiben im Gebiet des Exakten, wenn wir die Fehlergröße in jedem Augenblick angeben können.

Dieser Begriff des Wesentlichen gehört zu dem innersten Wesen der Physik — und ich meine der Naturwissenschaften überhaupt. Der Begriff des für die Erscheinung Wesentlichen überträgt sich teilweise von dem „unter der Schwelle der Erscheinung“ liegenden Teil der Vorgänge auf den wahrnehmbaren, nachweisbaren Teil. Mit anderen Worten: auch innerhalb der Welt der Erscheinungen werden wir für gewisse Zwecke den wesentlichen und unwesentlichen Teil trennen können. Das Prinzip der Superposition gestattet in den meisten Fällen eine derartige Trennung der Betrachtung. Im letzten Grunde entscheidet jedesmal die Theorie, welcher Teil der Erscheinung für sie wesentlich ist.

*Begriff der Störung in der Astronomie als Beispiel einer richtigen Einschätzung des Wesentlichen.* — Ein sehr geeignetes Beispiel zur Veranschaulichung der Bedeutung des Wesentlichen im Gegensatze zum Vollständigen bietet die Bewegung der Planeten um die Sonne unter Rücksicht auf die gegenseitige Anziehung der Planeten. Das erste Kepler'sche Gesetz besagt, die Planeten bewegen sich um die Sonne in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne liegt. Dieses Gesetz ist nur ein im Wesentlichen richtiges Gesetz; es ist nicht vollständig richtig und kann nicht vollständig richtig sein; aber es wäre darum gänzlich verkehrt, es als unrichtig verwerfen zu wollen. Es enthält eine Aussage, welche unentbehrlich für die Anschauung ist, eine Aussage, welche für viele Zwecke (insbesondere Unterrichtszwecke) ausreicht, und welche selbst in den Fällen, in denen sie nicht ausreicht, den Ausgangspunkt für weitere, genauere Aussagen bildet und bilden muß.

Man bezeichnet die Abweichungen vom Kepler'schen Gesetz als Störungen, ein Ausdruck, der leicht zu irrthümlicher Auffassung Veranlassung geben kann, und der weiter nichts besagen soll, als daß damit die durch das Newton'sche Gesetz begründeten Abweichungen von der einfachsten Anschauung ausgedrückt werden sollen.

Die Sache ist eben folgende: Die gravitierende Wirkung ist nach dem Newton'schen Gravitationsgesetz für zwei Körper analytisch ganz streng durchführbar und ergibt ganz streng das Kepler'sche Gesetz mit der elliptischen Bahn der Planeten um die Sonne. Nun haben wir es aber im Planetensystem streng genommen nicht mit zwei, sondern mit sehr vielen Körpern zu tun: denken wir an die anderen Planeten, denken wir an die Monde. Das Problem ist schon für drei Körper (das sogenannte Dreikörperproblem), geschweige denn für beliebig viele Körper mit den bisherigen analytischen Hilfsmitteln nicht mehr streng durchführbar. Aber auch wenn es streng durchführbar wäre, würde man praktisch nach einer Darstellung streben, in der stets die Abweichung vom Kepler'schen Gesetze zum Ausdruck kommt.

Der Grund, warum im Planetensystem das Kepler'sche Gesetz trotz dieser Komplikation eine Rolle spielt, liegt darin, daß entweder gewisse Massen anderen Massen gegenüber, oder gewisse Entfernungen anderen Entfernungen gegenüber klein sind; die geschickte, rechnerische Benutzung dieser Tatsachen gestattet eine näherungsweise, in vielen Fällen hinreichend genaue Rechnung durchzuführen. Die Berechnung der Existenz des Neptun durch Leverrier beruhte darauf.

Wenn wir uns also zusammenfassend präzisieren wollen, können wir sagen: Die bedingte Lösbarkeit des Dreikörperproblems beruht einmal auf der Anwendung des Prinzips der Superposition, sodann auf der fundamentalen Betonung und Benutzung des Wesentlichen gegenüber dem Vollständigen.

*Mißbrauch atomistischer Ausdrucksweisen als Beispiel einer Verkennung des Begriffs des Wesentlichen.* — Ein in ganz anderer Richtung liegendes Beispiel zur Veranschaulichung der Bedeutung des Wesentlichen gegenüber dem Vollständigen liegt in der methodisch vollkommen überflüssigen

Verwertung von Hilfsmitteln, die für feine und zarte Erscheinungen geschaffen sind, auf grobe Erscheinungen. Ein geschickter Physiker wird für gröbere Zwecke nicht immer die allerfeinsten Instrumente verwerten, er wird bei Wägungen einen Unterschied machen je nach den Zwecken und sich entsprechend bald einer feinen, bald einer groben Wage bedienen.

Dieser Gedanke läßt sich auf die geistigen Hilfsmittel übertragen, welche die Wissenschaft zur Verfügung stellt. Wir können damit Stellung nehmen zu der Frage nach der Grenze einer Verwertung unserer Hypothesen.

Wenn es zweifellos ist, daß für eine ganze Reihe von physikalischen Vorgängen die atomistische Konstitution der Materie wesentlich ist, während sie für andere Vorgänge gänzlich unwesentlich erscheint, dann wird es auch naturwissenschaftlich von Bedeutung sein, diesen Unterschied theoretisch zum Ausdruck zu bringen. Es würde der Erkenntnisstandpunkt getrübt werden, wenn man diesen Unterschied einem falschen Monismus zuliebe verwischen oder gar unterdrücken wollte.

Die Stärke der Theorien beruht, von diesem Standpunkt aus angesehen, ebensowohl in dem, was sie von der Natur wiedergeben, wie in dem, was sie nicht wiedergeben. Dadurch wird präzise zum Ausdruck gebracht, welche Bedingungen für eine Erscheinung wesentlich, welche unwesentlich sind, und darauf kommt viel an.

So ist es verkehrt, wenn man z. B. der Kapillaritätstheorie von Laplace den Vorwurf gemacht hat, daß sie von der Tatsache der Verdampfung keine Rechenschaft ablegt. Die Verdampfung ist ein molekularer Vorgang, während die Erscheinungen der Kapillarität (Oberflächenspannung) gröbere Vorgänge sind, für welche es genügt, auf Volumelemente zurückzugehen. Mit Vorteil hat man sogar gewisse Vorgänge, bei denen die Kapillaritätserscheinungen aufhören, herangezogen, um Anschauungen über die Dimensionen der molekularen Welt zu gewinnen.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die Atomistik der physikalischen Anschauung eine Reihe der willkommensten Anknüpfungspunkte zur Erläuterung und Ausarbeitung ihrer Vorstellungen bietet. Der räumliche Abstand diskreter Massenteile, der Atome und Moleküle, gewährt eine Anschauung, wie wir uns z. B. die Ausdehnung und Kompression der Körper denken können, mögen solche Änderungen nun durch Druck- und Zugkräfte oder infolge von Wärmezuführung eingetreten sein. Die kinetische Gastheorie zeigt, in welcher Weise die Molekularbewegung geeignet ist, von den Begriffen des Druckes und der Temperatur Rechenschaft abzulegen. Es gelingt, die Erscheinungen der Diffusion, Reibung und Wärmeleitung unter einem Gesichtspunkt in Übereinstimmung mit der Erfahrung zusammenzufassen und zu Vorstellungen über molekulare Dimensionen fortzuschreiten.

Aber ebenso läßt sich nicht leugnen, daß die Verwertung der Atomistik für die Physik bisher auf ein verhältnismäßig beschränktes Gebiet weist. Die ausschließliche, einseitige und konsequente Zugrundelegung der atomistischen Vorstellung würde im gegenwärtigen Stadium der Wissenschaft einer gesunden, physikalischen Forschung den Weg eher versperren als bahnen. Die Atomistik hat große Erfolge aufzuweisen, und es gebührt ihr jedenfalls ein gewisser Raum innerhalb der mechanischen Naturauffassung; aber es hieße den tatsächlichen Wert der Atomistik verschieben, wollte man sie zum Fundament und Eckstein aller Naturauffassung erklären.

Es handelt sich nicht etwa um eine Inkonsequenz, welche die Atomistik in einer Disziplin anerkennt, in einer anderen bestreitet; es handelt sich vielmehr darum, in einer Disziplin mit Hilfe der Atomistik gefördert, in einer anderen Disziplin durch die Atomistik nicht gehemmt zu werden. Das Ziel der Wissenschaft bleibt die Auffindung neuer Momente und Tatsachen, und wenn einmal die Atomistik uns dazu verhilft, das andere Mal andere Grundsätze, welche der Ato-

mistik indifferent gegenüberstehen, sind wir darum nicht inkonsequent.

Die Bedeutung der Atomistik, insbesondere für die Chemie soll nicht unterschätzt werden, aber sie darf auch nicht überschätzt werden. Junge Physiker, welche die erkenntnistheoretische Rolle der Theorien noch nicht zu übersehen vermögen, verfallen häufig in den Fehler, daß sie die atomistische Konstitution der Materie als eine Art Quintessenz naturwissenschaftlicher Weisheit ansehen, daß sie kaum einen physikalischen Satz aussprechen können, in dem nicht auf die Moleküle oder Atome Bezug genommen wird, auch wo gar kein Bedürfnis dazu vorliegt.

---

## ZEHNTER VORTRAG.

### Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme.

#### I.

*Mathematische Herkunft der Fragen.* — Die Frage nach der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme und Fragestellungen ist zuerst in den mathematischen Wissenschaften aufgetreten. Sie spielt eine besondere Rolle in den Disziplinen, welche in der Mathematik als Funktionentheorie, in der mathematischen Physik als Potentialtheorie bezeichnet werden. Zur Potentialtheorie gehören die Theorie der im umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Kräfte, wie sie in der Gravitationslehre und in der Elektrostatik auftreten, ebenso die Theorie der stationären Strömungszustände, wie sie unter anderen in den Vorgängen der Wärmeleitung und der Elektrizitätsleitung eine Rolle spielen.

Die stillschweigenden Voraussetzungen sind für die Wissenschaft und Erkenntnis von jeher die gefährlichsten gewesen, und zu diesen gehörte vor hundert Jahren die Auffassung, daß zu jedem Problem nicht bloß eine Lösung existieren müsse, sondern auch die, daß solche Lösungen eindeutig sein müssen.

*Existenzfragen in der Mathematik.* — Die Frage nach der Existenz einer Lösung war für die rein mathematischen Disziplinen um so wichtiger, als eine solche Existenz nicht wie in den Naturwissenschaften wenigstens in vielen Fällen

durch die Wirklichkeit der Natur garantiert war. Es gibt in der Mathematik einige klassische Beispiele, welche für die Erkenntnistheorie und ihre Geschichte immer von Bedeutung bleiben werden, welche sich auf die Tatsache der Unmöglichkeit einer Lösung — mit anderen Worten auf die Existenz innerer logischer Widersprüche bei der Formulierung gewisser Problemstellungen beziehen: die Unmöglichkeit der Quadratur des Zirkels und der Trisektion des Winkels — d. h. ihrer konstruktiven Ausführung durch Lineal und Zirkel — die Unmöglichkeit der allgemeinen algebraischen Auflösbarkeit der Gleichungen fünften Grades — eine Unmöglichkeit, die bereits in dem bekannten irreduktibeln Fall der Gleichungen dritten Grades ihren Vorläufer gefunden hatte.

*Eindeutigkeitsfragen in der Mathematik.* — Auch die Frage nach der Eindeutigkeit einer Lösung war für die mathematischen Disziplinen von Wichtigkeit. Es ist mathematisch unerlaubt, von vornherein anzunehmen, daß eine Fragestellung — ihre Existenzberechtigung einmal vorausgesetzt — immer nur eine Antwort zulassen muß, es könnten ja auch der Antworten mehrere sein.

Die Frage nach der Eindeutigkeit hat auch ihre eminent praktische Bedeutung. Die Probleme der Funktionentheorie und der Potentialtheorie, an die hier in erster Linie gedacht werden möge, sind nicht immer so einfach, als daß sich jede Aufgabe wie in der Elementarmathematik nach einem vorgeschriebenen Schema lösen ließe. Hier bleibt nichts anderes übrig, als den Versuch zu machen, die Aufgabe durch einen Ansatz in Angriff zu nehmen. Ein solcher Ansatz kann sehr vielen erkenntnismäßigen Momenten Anregung entnehmen, die wir je nach Geschmack als Divination, Intuition oder auch bei minderwertiger Auffassung der in Frage stehenden Geistesarbeit als eine Art Probieren bezeichnen können.

Die Sache pflegt so zu liegen, daß bei Lösung der hier



in Betracht kommenden Aufgaben eine Reihe von Bedingungen zu befriedigen ist. Der erste Ansatz wird in der Regel nur einem Teil dieser Bedingungen gerecht werden, er wird einem anderen Teile derselben widersprechen; aber in der Art, in der dieser Ansatz den einen Bedingungen genügt, den anderen nicht genügt, kann man in vielen Fällen erkennen, in welcher Richtung dieser Ansatz zu korrigieren oder zu ergänzen sein wird, um mehr leisten zu können. Der definitive Ansatz wird sich auf diese Weise als das Resultat von Überlegungen darstellen, die ebenso wohl durch eine Reihe von Erfolgen wie von Mißerfolgen zustande gekommen sind.

Systematisch genommen wird ein solcher Ansatz immer etwas zunächst Unbefriedigendes in sich bergen, es fehlt ihm das Gefühl der Sicherheit, wirklich eine Lösung zustande gebracht zu haben. Hier setzen nun die besonders von Gauss und Dirichlet vorbereiteten und dann weiter ausgebildeten Beweise ein, daß für bestimmte Fälle die Probleme der Funktionentheorie und der Potentialtheorie eindeutig sind. Hat man irgendwie einen Ansatz konstruiert, welcher der Gesamtheit der Bedingungen der Aufgabe genügt, so gewähren dann diese Beweise die Sicherheit, daß die durch den Ansatz vielleicht zufällig gewonnene Lösung die einzige und die richtige ist.

*Mehrdeutige Probleme in der Mathematik.* — Von besonderem Interesse sind nun auch die Probleme, welche formell nicht eine, sondern mehrere Lösungen zulassen; es wird für die Erkenntnis dann darauf ankommen, nachzusehen, worauf nicht bloß mathematisch, sondern auch physikalisch eine solche Mehrdeutigkeit beruht. Die Umkehrung der trigonometrischen Funktionen mit ihrer einfachen Periode, die Umkehrung der elliptischen Funktionen mit ihren doppelten Perioden können hier rein mathematisch als Beispiele Erwähnung finden. In der Physik spielen solche

Probleme in der Theorie der elektromagnetischen Wirkung und in der Theorie der Wirbelbewegung der Flüssigkeiten eine Rolle [www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

## 2.

*Einfachere Fälle von Existenzfragen physikalischer Probleme.* — Wir haben im vorigen Abschnitt die Frage nach der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme und Fragestellungen mehr von der formell mathematischen Seite an der Hand durch die Geschichte der mathematischen Wissenschaften gegebener Beispiele berührt. Wir wollen im folgenden die Frage von der materiell physikalischen und naturwissenschaftlichen Seite aufnehmen. Beginnen wir mit der Existenzfrage physikalischer Probleme.

Es gibt, worauf bereits angespielt, in der Physik eine ganze Reihe von Fällen, die einfach genug liegen, um sagen zu können, daß die Existenz der Lösung einer Problemstellung durch die Wirklichkeit der Natur garantiert wird. Hierher gehören: die Frage nach der Verteilung der Temperatur in einem Wärme durchströmten Körper, die Frage nach der Verteilung der Elektrizität auf der Oberfläche eines Leiters, nach der Größe des elektrischen Gefälles in einem elektrisch durchströmten Leiter. Das Experiment gibt unzweideutig zu erkennen, daß für die hier in Frage stehenden Probleme eine Lösung wirklich existiert. Für solche physikalische Aufgaben tritt damit das mathematisch noch immer vorhandene Interesse an der Existenzfrage zurück.

*Frage nach der Existenz eines perpetuum mobile als Beispiel eines tiefer und schwieriger liegenden Falles.* — Es gibt aber aus der Geschichte der Physik ein sehr berühmtes Beispiel, welches nicht so einfach lag, welches zeigt, daß physikalisch nicht jede Fragestellung erlaubt ist, daß eine Fragestellung von Voraussetzungen ausgehen kann, die im Widerspruch mit der Natur der Wirklichkeit, d. h. mit den Gesetzen der

Natur stehen. So lange die einschlägigen Gesetze der Natur unbekannt sind, scheint die Fragestellung erlaubt; in dem Maße, in dem die Versuche, die Fragestellung zu beantworten, mißglücken, wird die Auffassung nahegelegt, daß die Problemstellung anders gefaßt werden muß, daß das vermeintliche Problem überhaupt kein Problem ist.

Ich spiele hier auf die schon im Anschluß an die im vierten und fünften Vortrag über Induktion und Deduktion behandelte, besonders lehrreiche Geschichte der vermeintlichen Probleme der Konstruktion eines *perpetuum mobile* an, die mit der Aufstellung des Satzes von der Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile*, d. h. einer Maschine, die aus Nichts ins Endlose Arbeit leisten kann, und mit der Aufstellung des Prinzips von der Erhaltung der Energie endigte. Hatte die Unkenntnis des Prinzips der Energie die Aufstellung angemessener Fragestellungen bis dahin gehemmt, so hat dann die Kenntnis des Prinzips in außerordentlich fruchtbringender Weise zur Formulierung richtiger Fragestellungen auf einer ganzen Reihe von Gebieten — nicht nur physikalischen, sondern auch chemischen und allgemein naturwissenschaftlichen — Anregung gegeben und damit schon rein psychologisch die Gewähr für seine innere Wahrheit verbürgt.

*Unterschied physikalischer und mathematischer Existenzmöglichkeiten.* — Der Satz von der Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile* ist wiederholt auf gleiche Stufe mit den erwähnten mathematischen Sätzen von der Unmöglichkeit der Quadratur des Kreises oder der Trisektion des Winkels gestellt. Ich möchte aber hier vom Standpunkt der Erkenntnistheorie doch auf den Unterschied hinweisen, daß die berührten mathematischen Unmöglichkeitsbeweise einen inneren Widerspruch der Problemstellung mit dem vorhandenen mathematischen System aufdeckten. Die Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile* kann nicht mathematisch bewiesen

werden, es handelt sich hier überhaupt nicht um eine mathematische oder logische Unmöglichkeit, es handelt sich um eine Unmöglichkeit der Wirklichkeit, der Natur.

Bei dem eigentlichen Prozeß des Erkennens und Aufdeckens eines Naturgesetzes auf der einen Seite, einer mathematischen Unmöglichkeit auf der anderen Seite liegt die Sache doch so: Bei der Aufdeckung eines Naturgesetzes sind wir in dem Prozeß, die Gesetze des Denkens mit den Gesetzen der Wirklichkeit zur Deckung zu bringen, einen Schritt vorwärts gekommen. Bei der Aufdeckung einer mathematischen Unmöglichkeit — wir können sagen, eines mathematischen Gesetzes — ist es gelungen, die Gesetze des Denkens unter sich als widerspruchsfrei in einer Richtung nachweisen zu können, die bis dahin ungeklärt und verborgen war.

Um mich noch verständlicher zu machen, kann ich hier auf das Doppelgesicht der naturwissenschaftlichen Forschung mit ihrer subjektiven und objektiven Seite hinweisen, welche Gegenstand des zweiten und dritten Vortrags war. Das Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung ist die völlige Deckung dieser beiden Seiten, der subjektiven und der objektiven Seite der Forschung. Bei der mathematischen Forschung handelt es sich mehr um die logische Verarbeitung und Vertiefung eigener Konstruktionen des menschlichen Geistes, die als solche möglichst widerspruchsfrei in sich darzustellen sind. Bezeichnen wir als das Ziel der naturwissenschaftlichen Erkenntnis eine Deckung innerer und äußerer Momente der Forschung, so werden wir vielleicht für die mathematische Erkenntnis als Ziel eine Deckung innerer Momente und ihrer Konsequenzen untereinander anzugeben haben.

### 3.

*Fragen der Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit in der Physik.* — Wir treten nunmehr der Frage nach der Eindeutigkeit

und Vieldeutigkeit der Probleme für die materielle physikalisch naturwissenschaftliche Seite näher. Ehe wir in die Behandlung dieser Frage selbst eintreten, handelt es sich für uns darum, das Verständnis für diese Frage in angemessener Weise vorzubereiten und in die richtigen Wege zu leiten. Von vornherein nur soviel, daß die aufgeworfenen Fragen für die materielle Seite der Forschung weniger zugänglich erscheinen, als für die formelle Seite; sie liegen wohl tiefer, und erst die Geschichte der Physik konnte an der Hand von Beispielen die Gesichtspunkte entwickeln, welche hier für die Erkenntnistheorie in Frage kommen.

*Überschätzung der Bedeutung der Mathematik für die Naturlehre bei Kant.* — Von Kant rührt der Ausspruch her, daß „in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist“.<sup>1)</sup> Dieser Ausspruch mag es mit sich gebracht haben, daß die Anwendung der Mathematik auf irgend eine naturwissenschaftliche Auffassung oft als ein untrügliches Zeichen von der Exaktheit betrachtet werden konnte, was wohl so viel heißen sollte wie: von der Genauigkeit und Richtigkeit.

Die Anwendbarkeit und die Anwendung der Mathematik und damit die mathematische Verarbeitung irgendwelcher naturwissenschaftlicher Auffassungen kann an sich weder etwas für noch gegen diese Auffassung entscheiden; sie kann nur dazu verhelfen, diese Auffassungen in sich zu klären und in ihren Konsequenzen zu übersehen; sie kann somit die Prüfung einer etwaigen Übereinstimmung theoretischer Gesichtspunkte mit der Wirklichkeit in der einen oder anderen Richtung erleichtern. Ohne Rücksicht auf dieses Verhältnis kann das mathematische Moment geradezu

---

1) I. Kant, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. 1786. Vorrede.

überschätzt werden; ohne Rücksicht auf dieses Verhältnis muß auch das Kant'sche Kriterium als mindestens von zweifelhaftem Wert erscheinen.

*Möglichkeit gemeinsamer mathematischer Behandlung bei gegensätzlicher physikalischer Anschauung.* — An eine solche Überschätzung der Mathematik in dem erwähnten Sinne soll im folgenden nicht weiter gedacht werden. Die richtige Bedeutung der formellen Rolle, welche die Mathematik bei naturwissenschaftlichen Auffassungen zu spielen hat, vorausgesetzt, hat nun die Entwicklung der Physik des neunzehnten Jahrhunderts das Resultat gezeitigt, daß die Eindeutigkeit der Probleme nach der formellen mathematischen Seite in einem eigenen Gegensatz zu der Vieldeutigkeit der naturwissenschaftlichen Auffassung nach der materiell physikalischen Seite stehen kann. Für Viele mag ja das Resultat überraschend, ja unbequem sein, aber an sich ist es nur eine schöne Bestätigung für die Meinung, welche soeben über das Verhältnis der, für eine physikalische Behandlung in Betracht zu ziehenden, mathematischen Momente und ihrer erkenntnismäßigen Bedeutung auseinandergesetzt ist.

Kann es einen größeren Gegensatz geben als die Anschauung, nach der z. B. gravitierende oder elektrostatische Wirkungen umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung unvermittelt in die Ferne stattfinden, vielleicht höchstens durch die Natur der Medien, in denen sich diese Fernwirkungen abspielen, modifiziert — und die Anschauung, nach der es nur mittelbare Wirkungen benachbarter Elemente einem Strömungszustande vergleichbar gibt, welche in ihrer Resultante den Schein einer Fernwirkung zustande bringen? Und doch lehrt die Potentialtheorie, daß beide Anschauungen eine und dieselbe Differentialgleichung verbindet, welche daher ebenso auf Grund der einen wie der anderen Anschauung abgeleitet werden kann.<sup>1)</sup>

1) Lord Kelvin (W. Thomson) hat in den vierziger Jahren

Kann es einen größeren Gegensatz geben als die Anschauung, nach der die Materie diskret den Raum erfüllt, wie es sich die Atomistik vorstellt, und die Anschauung, nach der die Materie kontinuierlich den Raum erfüllt, wie es der unmittelbar sinnlichen Wahrnehmung erscheint? Und doch läßt sich eine ganze Reihe von Erscheinungen ebenso gut auf Grund der einen wie der anderen Anschauung mathematisch behandeln und ist auch mathematisch behandelt worden.<sup>1)</sup>

*Beispiel einer Entwicklung der Erkenntnis in der Richtung von vieldeutigen zu eindeutigen Anschauungen aus der Geschichte der Optik.* — Wir haben die Tatsache der physikalischen Forschung zur Anschauung gebracht, daß, selbst die Möglichkeit einer eindeutigen mathematischen Behandlung vorausgesetzt, diese eindeutige mathematische Behandlung in materieller Hinsicht noch vieldeutiger physikalischer Auffassungen fähig sein kann. Wir können hiermit gleich die Fälle verbinden, in denen die Vieldeutigkeit physikalischer Auffassung trotz mathematischer Übereinstimmung mancher Resultate auch verschiedene mathematische Ausgangspunkte bedingt.

Wir werden wieder die Geschichte der physikalischen Wissenschaften herbeizuziehen haben, um uns klar zu machen, wie diese Vieldeutigkeit physikalischer Auffassung zu verstehen ist, ob sie nur ein vorübergehendes Stadium des sich fortgesetzt vollziehenden Entwicklungsprozesses der Erkenntnis anzeigt, ob diese Vieldeutigkeit einem definitiven Zustand der physikalischen Erkenntnis entspricht, ob sie in der Natur der Sache begründet ist. Wir wählen ein Beispiel, in dem die Vieldeutigkeit der physikalischen des vorigen Jahrhunderts wohl zuerst auf diese Doppeldeutung der mathematischen Form hingewiesen.

1) Man vergleiche meine Abhandlung: „Über notwendige und nicht notwendige Verwertung der Atomistik in der Naturwissenschaft“. 1897, Wiedemann's Annalen, Bd. 61, S. 196—203.

Auffassung sich als ein nur vorübergehendes Stadium des sich fortgesetzt vollziehenden Entwicklungsprozesses der Erkenntnis erwies, und stellen unter Wiederaufnahme der im vierten und fünften Vortrage behandelten<sup>1)</sup> aufsteigenden Induktion von der Emissionstheorie zur Undulationstheorie, insbesondere zur elektromagnetischen Theorie des Lichtes die Wandlungen dar, welche unsere Anschauungen über die Natur des Lichtes durchgemacht haben.

*Emissions- und Undulationstheorie.* — Es ist bekannt, daß die beiden Anschauungen der Schleudervorstellung (Emissionstheorie) und der Wellenvorstellung (Undulationstheorie) ziemlich gleichzeitig auftraten. Für beide Anschauungen gab der anfänglich vorliegende Erfahrungsinhalt genügend Anhaltspunkte. Die geradlinige Ausbreitung des Lichtes, die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten, später die Aberration schien in der ungezwungensten Weise die Anschauung der Emissionstheorie geradezu aufzudrängen. Die Interferenz- und Beugungserscheinungen sprachen für die Anschauung der Undulationstheorie.

Man kann nicht anders sagen, beide so verschieden angelegte Theorien waren bereits zu einer verhältnismäßig hohen Stufe der Entwicklung ausgearbeitet, als der Kampf zwischen beiden noch immer als unentschieden galt. Vorliebe und Erfolge können bei einem solchen Kampf noch nicht den Ausschlag geben, jede Theorie wird in ihrer Sphäre Besonderes leisten und somit besondere Vorzüge aufweisen, aber diese Wirkungssphären, in denen die Theorien Besonderes leisten, werden sich in der Regel ausschließen, und so lange keine entscheidenden Tatsachen beigebracht werden können, ist, streng genommen, der Kampf noch weiter als unentschieden zu bezeichnen.

1) S. 62—66 dieser Auflage.



Es wird nicht immer leicht sein und nicht immer ohne Weiteres angehen, die Richtungen anzugeben und damit die Tatsachen aufzudecken, in denen die Entscheidung der Wirklichkeit liegt. Es ist bekannt, daß für die Anschauungen über die Natur des Lichtes diese Entscheidung, lange nachdem die Undulationstheorie ihre Haupttriumphe in der Fresnel'schen Forschung gefeiert, durch die etwas abseits liegende Beobachtung von Foucault fiel, nach der im Gegensatz zur Emissionstheorie und in Übereinstimmung mit der Undulationstheorie das Licht im stärker brechenden Medium sich langsamer als im schwächer brechenden Medium fortbewegt.

*Elastische Lichttheorie.* — Waren die Anschauungen über die Natur des Lichtes damit zu Gunsten der Wellenanschauung entschieden, so schien zunächst über die Natur der Wellen kein Zweifel. Man kannte keine anderen Wellen im Innern eines Mediums als elastische, so schien kein Zweifel, daß man den Lichtwellen einen elastischen Charakter beizulegen habe; die von Fresnel experimentell festgestellte Transversalität der Lichtwellen konnte diese Auffassung nur bestärken.

Mit der Entwicklung des Studiums der elektrischen Erscheinungen wurde in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts bekannt, daß auch elektrische und magnetische Zustände oder Zustandsänderungen fähig sein können, einen Schwingungscharakter anzunehmen, und zwar gleichfalls einen transversalen, gerade wie ihn Fresnel für die Lichtwellen erkannt hatte. Das Überraschende war, daß diese elektrischen und magnetischen Schwingungen im leeren Raum die Lichtgeschwindigkeit als Fortpflanzungsgeschwindigkeit ergaben. Damit war für Maxwell's elektromagnetische Lichttheorie Ausgangspunkt und Boden geschaffen. Während für die elastische Lichttheorie die Lichtgeschwindigkeit eine *ad hoc* einzuführende und zu bestimmende Konstante war, ergab

sich für die elektromagnetische Lichttheorie die Lichtgeschwindigkeit als eine aus rein elektrischen Daten abzuleitende Konstante.

*Elektromagnetische Lichttheorie.* — Hatte die Emissionstheorie und die Undulationstheorie trotz Übereinstimmung mancher mathematischer Resultate doch mathematisch verschiedene Ausgangspunkte bedingt, so wies jetzt die elektromagnetische Undulationstheorie dieselbe mathematische Differentialgleichung wie die elastische Undulationstheorie als Ausgangspunkt auf, und damit betreten wir den Boden eines Beispiels, welches zeigt, daß bei mathematischer Eindeutigkeit der Form eine Vieldeutigkeit physikalischer Auffassung möglich ist.

Die Ausarbeitung der elektromagnetischen Lichttheorie ergab vor der elastischen Theorie allerdings auch theoretisch und systematisch einige Vorzüge: Die Grenzbedingungen der elektromagnetischen Theorie ergaben glatter und reiner das Problem der Reflexion und Brechung als die Grenzbedingungen der elastischen Theorie, aber im großen und ganzen blieb bei der Mannigfaltigkeit der physikalischen Auffassung die Übereinstimmung der mathematischen Form doch überraschend.

Wenn wir uns fragen, was die Physiker bei dieser Vieldeutigkeit physikalischer Auffassung veranlaßt hat, die elektromagnetische Auffassung von der Natur des Lichtes als nunmehr eindeutige physikalische Auffassung anzunehmen, so müssen wir — streng genommen — sagen, es war kein derartiger Zwang der Tatsachen, wie er vor fünfzig Jahren durch Foucault's Messung zu Gunsten der Undulationstheorie gegeben war, es war mehr das Gefühl für die Vorzüge einer einheitlicheren Darstellung. Es waren in erster Linie die Experimente von Hertz, in denen mit wirklichen elektromagnetischen Wellen großer Wellenlänge die hauptsächlichsten optischen Erscheinungen nachgeahmt wurden,

welche die noch unentschiedenen oder die bis dahin der Maxwell'schen Theorie abgeneigten Physiker die elastische Lichttheorie zu verlassen veranlaßten.

## 4.

*Andauernde Möglichkeiten vieldeutiger physikalischer Auffassungen.* — Die Geschichte der Theorie des Lichtes lieferte ein Beispiel für die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses, bei dem fortlaufend die Vieldeutigkeit naturwissenschaftlicher Auffassungen zu Gunsten der Eindeutigkeit der Auffassung zurückgedrängt erschien. Es wäre nun aber sehr vorschnell, diese Entwicklung als die typisch allenthalben wiederkehrende betrachten zu wollen.

Es bieten im Gegenteil die Fälle ein ganz besonders erkenntnistheoretisches Interesse, in denen sich, je weiter die Erkenntnis fortschreitet, um so mehr die Überzeugung aufdrängt, daß eine gewisse Vieldeutigkeit der Auffassung in der Natur der Sache berechtigt erscheint.

Es handelt sich — um die Aufmerksamkeit nicht auf eine falsche Fährte zu lenken — weniger um ein Analogon zu der formellen mathematischen Möglichkeit vieldeutiger Lösungen einer Aufgabe, die wir gestreift haben. Es handelt sich um eine fundamentale, erkenntnismäßige Klarstellung, worauf die dauernde Möglichkeit einer vieldeutigen naturwissenschaftlichen Auffassung beruhen kann. Die Geschichte der Physik gibt hier die einzig sichere Führung.

Die andauernde Möglichkeit einer vieldeutigen naturwissenschaftlichen Auffassung kann einmal darauf beruhen, daß für die in Frage kommenden Aufgaben und Probleme es gänzlich unwesentlich ist, ob wir uns der einen Auffassung oder der anderen anschließen. Die andauernde Möglichkeit einer vieldeutigen naturwissenschaftlichen Auffassung kann sodann — und das ist eine neue Wendung, die ich meinen bisherigen Studien über Isolation und Super-

position geben möchte — darauf beruhen, daß für die in Frage kommenden Aufgaben und Probleme die tatsächlich verschiedenen Auffassungen ihre wesentliche Existenzberechtigung und ihre besondere Bedeutung haben; die tatsächlich verschiedenen Auffassungen sind dann ein Anzeichen dafür, daß die Aufgaben und Probleme, welche in Frage kommen, nicht einfache, sondern zusammengesetzte Erscheinungsklassen betreffen.

*Beispiele scheinbar gleichberechtigter Vorstellungen, bedingt durch die Frage nach dem in jedem Fall Wesentlichen gegenüber dem Unwesentlichen. Atomistische und Kontinuumsvorstellung.* — Wir beschäftigen uns zuerst mit dem charakterisierten Fall, in dem die Vieldeutigkeit der Auffassungen naturwissenschaftlich gänzlich bedeutungslos und unwesentlich bleibt. Es werden hier in erster Linie Fälle in Betracht zu ziehen sein, in denen eine detailliertere Auffassung einer weniger detaillierten Auffassung gegenübersteht.

Hier bieten nun die Atomistik und das Kontinuum als die beiden physikalischen Auffassungen von der Natur und dem Zustande der Materie das geeignete Beispiel, die erkenntnistmäßig in Betracht kommenden Verhältnisse sich klar zu machen.

Ich muß hier von vornherein der Auffassung entgegen-treten, die viel verbreitet ist, und die auch in der geschichtlichen Entwicklung eine Rolle gespielt hat, daß, wenn die Atome und die Moleküle als die Bausteine erkannt sind, aus denen die Materie zusammengesetzt ist, damit gesagt sein solle, daß die Atome und Moleküle nun auch die naturgemäße Grundlage für jedwede naturwissenschaftliche Erkenntnis sein müßten. Die Anschauung von der atomistischen Konstitution der Materie kann vollkommen der Wirklichkeit entsprechen, und doch kann es für eine ganze Reihe von Fällen unangemessen sein, sich beständig im Bilde der Atomistik zu bewegen.

Als die moderne Atomistik vor hundert Jahren auf chemischem Gebiete ihre ersten Triumphe feierte, da trat auch in der Physik das Bestreben auf, der Atomistik eine größere Bedeutung für die theoretische Physik zuzuweisen. Ich denke hierbei in erster Linie an die Begründung und Behandlung der Elastizitätstheorie durch Navier und Poisson auf der Basis einer atomistischen Konstitution der Materie, der erst später die Behandlung der Elastizitätstheorie auf der Basis des Kontinuums folgte. Die weitere Entwicklung der Kenntnis des elastischen Verhaltens, insbesondere der Kristalle, hat erwiesen, daß die Begründung einer Elastizitätstheorie auf dem Boden einer kontinuierlichen Vorstellung der Materie erhebliche Vorzüge der Einfachheit aufweist, daß die auf dem Boden der Atomistik entwickelte Elastizitätstheorie für isotrope und für kristallinische Medien eines erheblichen Aufwandes weiterer spezieller Vorstellungen und Anschauungen bedarf, um mit der Wirklichkeit in Übereinstimmung zu bleiben. Wir können daraus schließen, daß für die gewöhnliche Elastizitätslehre die Atomistik unwesentlich ist und keine Rolle spielt — mit den Erscheinungen der elastischen Nachwirkung mag sich das anders verhalten.

Als Kirchhoff seine Mechanik schrieb (1876), war die übertriebene Wertschätzung der Atomistik für die Physik bereits überwunden. So stellte sich Kirchhoff für die Darstellung der Mechanik von vornherein auf den Boden der Anschauung einer kontinuierlichen Konstitution der Materie. Vor zehn Jahren hat dann Boltzmann sich die Aufgabe gestellt, eine Mechanik vom Standpunkte der atomistischen Anschauung zu schreiben. Nach dem vorliegenden Material muß für die mechanischen Prinzipien — die Erfolge ins Auge gefaßt, und darauf kommt alles an — der Unterschied der einander gegenüberstehenden Ausgangspunkte: der Atomistik und des Kontinuums als gänzlich bedeutungslos und unwesentlich bezeichnet werden.

Es ist bezeichnend, daß auf dem Boden der Chemie, auf

dem die Atomistik geboren, sich seit einiger Zeit gleichfalls Gebiete abscheiden, in denen die Aufnahme der atomistischen Anschauung eher als Hindernis wie als Förderung erscheint; ich denke z. B. an die Erscheinungen, in denen die Massenwirkungen gegenüber den Molekularwirkungen in Frage kommen. Die Abneigung physikalischer Chemiker gegen eine übertriebene Wertschätzung der Atomistik wird lediglich unter diesem Gesichtspunkt aufzufassen sein und findet auf Grund der hier entwickelten Anschauung von der Notwendigkeit einer Unterscheidung wesentlicher und unwesentlicher Momente für naturwissenschaftliche Auffassungen ihre erkenntnismäßige Erklärung.

Ich lenke nunmehr die Aufmerksamkeit auf das zurück, was ich als Hauptmangel der modernen Abbildungsauffassung hervorgehoben habe. Die Spezialisierung der Hypothese in einer bestimmten Richtung kann für die Behandlung einer Erscheinung wesentlich sein, sie kann es ebenso nicht sein. Hier entscheidet die Forschung, welche die Fragen der Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit aufnimmt; dazu ist es aber ebenso nötig, den Standpunkt der Enthaltbarkeit wie den der Ausbildung einer Hypothese in seinen Konsequenzen zu verfolgen.

*Ausgiebige und enthaltene Ausarbeitung der Anschauung. Stellungnahme zur Abbildungsauffassung der Wirklichkeit.* — Die allzu detailliert ausgearbeitete naturwissenschaftliche Auffassung, so viele und reiche Anhaltspunkte sie einer unmittelbaren Anschauung gewährte, setzte die Forschung mit ihren Voraussetzungen in vielen Fällen bei mangelnder Übereinstimmung mit der Erfahrung auch gar zu leicht unliebsamen Schwankungen aus. Daraus entstand dann die Richtung, welche bestrebt war, die Forschung durch möglichste Enthaltbarkeit detaillierter Vorstellungen jenen Schwan-

kungen zu entziehen. Aber ganz zurück drängen ließ sich das Streben nach Anschauung nicht, und so entstand die moderne Auffassung, daß es bei etwaiger detaillierter Ausarbeitung der Anschauungsmittel sich um eine Abbildung der Wirklichkeit etwa in dem Sinne handle, daß wir uns nur Bilder schaffen.

Mag nun die Forschung mit unmittelbaren Anschauungen, mag sie mit mittelbaren Abbildungen arbeiten; die Forschung erscheint in gleicher Weise Schwankungen ausgesetzt. Ich kann darum vom Standpunkte der Erkenntnistheorie der gegenwärtig beliebten Auffassung einer Abbildung keinen besonders hohen Wert zusprechen. Ihre Schwäche liegt darin, daß sie der Frage nach der Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit nicht näher tritt; sie überläßt es vollständig der Zukunft und dem Zufall, ob bei der einzelnen Abbildung das Richtige getroffen ist oder nicht; die Wahrscheinlichkeit spricht dann von vornherein mehr dafür, daß das Richtige nur zum Teil getroffen sein wird. Den Hauptmangel der modernen Abbildungsauffassung, so spezielle und bestimmte Hypothesen wie möglich zu Grunde zu legen, erblicke ich aber darin, daß bei ihr die Frage kaum jemals beantwortungsfähig erscheint, welche für mich bei dem Reichtum der Mittel, mit denen die Wirklichkeit arbeitet, eine der Hauptfragen der Erkenntnis ist, ob die Spezialisierung der Hypothese in einer bestimmten Richtung für die Behandlung einer Erscheinung wesentlich ist oder nicht, überhaupt einen Sinn und Zweck hat. Ich komme darauf zurück.

*Möglichkeit tatsächlich gleichberechtigter Vorstellungen bedingt durch die Existenz einer vorliegenden Superposition.* — Wir kommen zur Auseinandersetzung der Fälle, in denen sich die Vieldeutigkeit naturwissenschaftlicher Auffassungen als andauernd möglich erweist, in denen sie

für die in Frage kommenden Probleme ihre wesentliche Existenzberechtigung und ihre besondere Bedeutung hat. Es handelt sich hier um eine für die Erkenntnis eigenartige Form, in der die logischen Operationen ins Spiel zu treten haben, die ich im siebenten und achten Vortrag unter dem Namen „Isolation und Superposition“ behandelt habe.

Die Berechtigung, hier von einer vieldeutigen Auffassung zu sprechen, besteht nun darin, daß die als zu behandelndes Problem gegebene Erscheinung der Wirklichkeit bald das eine Isolationselement — die eine Komponente, bald das andere Isolationselement — die andere Komponente uns scheinbar isoliert zugänglich erweisen kann. Wir werden nicht gewahr, daß wir eine zusammengesetzte Erscheinung vor uns haben, und das Gefühl der Befriedigung, welches wir empfinden, wenn es uns gelingt, Erscheinungen der Wirklichkeit unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu erfassen, stellt sich schon dem bloßen Aufkommen einer Erwägung, ob eine einfache oder eine zusammengesetzte Erscheinung vorliegt, hinderlich in den Weg.

Wir können in der Täuschung, eine einfache Erscheinung vor uns zu haben, um so mehr bestärkt werden, wenn es sich zeigt, daß auch die wissenschaftliche Behandlung der einzelnen Komponente ihre Erfolge in weitgehenden Übereinstimmungen mit der Wirklichkeit erweist. Solche Erfolge können ja nicht ausbleiben, die behandelte Komponente hat ja ihre tatsächliche Existenzberechtigung in der Wirklichkeit. Aber die Behandlung der anderen Komponente wird dann, wenn die Erscheinung wirklich eine zusammengesetzte ist, ebenso von wissenschaftlichen Erfolgen begleitet sein und ebenso in der Wirklichkeit ihre Existenzberechtigung haben.

Die hier in Betracht kommenden Fälle können sehr verschieden liegen. Der Einfachheit wegen werden wir uns hier darauf beschränken: die Berechtigung, die Bedeutung



und Rolle dualistischer Auffassungen in der Physik auseinanderzusetzen.

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

*Beispiel des Parallelogramms der Kräfte zur Veranschaulichung weiterer Möglichkeiten.* — Nicht minder lehrreich sind Beispiele für die dualistische Auffassung einer Erscheinung, bei der für die Verbindung der Elemente, aus denen sich die Erscheinung zusammensetzt, sich kein durch die Wirklichkeit oder durch die Natur der Dinge gegebener notwendiger Zwang ableiten läßt. Die als zusammengesetzt in der Wirklichkeit auftretende Erscheinung besteht und läßt sich zerlegen in Teilerscheinungen, die getrennt für sich bestehen können, die aber nicht notwendig miteinander verbunden auftreten müssen.

Das Parallelogramm der Kräfte bietet hier das Beispiel dar, an dem man sich die in Betracht kommenden Verhältnisse erkenntnismäßig klar machen kann. Die Kraftkomponenten kann man einzeln für sich studieren und verfolgen; hat man sie erkannt, dann lehrt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte das Schema kennen, nach dem man die Kraftkomponenten zusammensetzen hat, um ihre resultierende Wirkung zu finden.

Bei den gewöhnlichen Anwendungen des Parallelogramms der Kräfte besteht kein Zweifel über die Existenz der Komponenten und ihrer Wirkungen, und darum mag die Verbindung gerade dieses Beispiels mit der Frage nach der Möglichkeit vieldeutiger Auffassung auf den ersten Blick künstlich und gezwungen erscheinen. Die Bedeutung dieser Verbindung mit der von uns angeregten Frage springt aber sogleich in die Augen, wenn wir die Möglichkeit erwägen, daß die eine Komponente sozusagen ein von unserer Sinnenwelt verborgenes, verschlossenes Dasein führen kann. Jedenfalls können wir dann dem Beispiel des Parallelogramms der Kräfte, allgemeiner dem Prinzip der Superposition wertvolle Fingerzeige für die hier in Betracht zu ziehenden er-

kennntismäßigen Momente entnehmen, deren Bedeutung sich zunächst in der Fruchtbarkeit und Angemessenheit der Übernahme der durch das Parallelogramm der Kräfte oder das Prinzip der Superposition gegebenen Terminologie kennzeichnet.

Eine Bemerkung mag sich bei diesen Betrachtungen aufdrängen, die hier noch kurz zur Sprache gebracht werden soll. Man kann sagen, das Prinzip der Superposition, oder anders ausgedrückt, das Schema von der Zusammensetzung nach dem Parallelogramm der Kräfte regelt doch nur ausnahmsweise die Zusammensetzung von Erscheinungskomplexen aus ihren Elementarteilen. Das Beispiel einer zusammengesetzten chemischen Verbindung aus ihren chemischen Elementen sei der bei weitem häufigere Fall, bei dem Wirkungen in der Zusammensetzung anders werden, als sie für sich sind, bei dem also Wechselwirkungen in die Erscheinung treten.

Man kann hierauf einmal sagen: Vielleicht sind für den Vorgang der chemischen Verbindung noch nicht die naturgemäßen Isolationselemente aufgedeckt, auf welche das Prinzip der Superposition Anwendung findet; oder man kann sagen, daß dieses Beispiel seine gesonderte Betrachtung für die Fragen der Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit erfordert. Es liegt im Wesen unserer induktiven Untersuchungen begründet, daß sie mit Unvollständigkeiten behaftet bleiben, es wären sonst keine induktiven Untersuchungen. Es kann hier nur darauf ankommen, an der Hand von Beispielen auf Fälle hinzuweisen, für deren erkenntnistheoretische Untersuchung die Geschichte der Entwicklung naturwissenschaftlicher Disziplinen bisher Anregung ergeben.

*Beispiel des dualistischen Streites über die Lage der Polarisations-ebene zur Schwingungsebene aus der Geschichte der Optik.*  
— Der während der größten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in der Theorie des Lichts geführte Streit über die Lage

der Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes zu seiner Polarisationssebene bietet hier ein nach mancher Richtung willkommenes physikalisches Beispiel dar:

Die Polarisationssebene des linear polarisierten Lichtes ist eine experimentell vollständig eindeutig definierte und festgelegte Ebene, in der theoretischen Deutung dieser Ebene gingen aber die Anschauungen Fresnel's und Neumann's auseinander. Die theoretischen Spekulationen Fresnel's führten zu der Anschauung, daß die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes senkrecht zur Polarisationssebene steht; die theoretischen Spekulationen Neumann's führten zu der Anschauung, daß die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes in die Polarisationssebene fällt.

Vom Standpunkt der älteren elastischen Lichttheorie erschien die Neumann'sche Anschauung in mancher Hinsicht als die exaktere und folgerichtiger, aber die Fresnel'sche Anschauung hielt sich daneben aufrecht und fand die gleiche Anerkennung. Von den verschiedensten Seiten wurden Experimente dafür und dawider ins Feld geführt, ohne daß eine endgültige Entscheidung herbeigeführt werden konnte.

Nun brach sich die elektromagnetische Lichttheorie Maxwell's Bahn, von der wir schon im fünften Abschnitt gesprochen. Elektromagnetisch hieß diese Theorie deshalb, weil sie in dualistischer Weise die elektrischen und magnetischen Kräfte als gleichberechtigt nebeneinander einführte, ohne sich dem früheren Versuch Ampère's anzuschließen, die magnetischen Kräfte in monistischer Weise auf die elektrischen Kräfte zurückzuführen. Das Streben nach Einheit suchte diese Theorie dadurch zu befriedigen, daß sie dem Dualismus der elektrischen und der magnetischen Kräfte die Einheit sämtlicher elektrischer Kräfte für sich und die Einheit sämtlicher magnetischer Kräfte für sich entgegenstellte.

Diese elektromagnetische Lichttheorie brachte in höchst eigenartiger und überraschender Weise die Schlichtung des alten Streites. Beide Anschauungen, die von Fresnel und die von Neumann sollten in ihr zu ihrem Recht kommen, die Fresnel'sche Anschauung fand zugleich ihre theoretische Begründung und Vertiefung, indem sie sich nun als ebenso exakt und folgerichtig hinstellen ließ, wie die Neumann'sche vom Standpunkt der älteren elastischen Theorie. Die Fresnel'sche Anschauung erwies sich für die elektrischen Schwingungen, die Neumann'sche Anschauung für die magnetischen Schwingungen als zutreffend, beide Arten Schwingungen fanden gleichzeitig untrennbar miteinander verbunden statt.

Das behandelte Beispiel erläutert nach mancher Richtung die unter Umständen in Betracht kommende Berechtigung einer dualistischen Auffassung und Anschauung. Dieser Dualismus erweist sich hier in der Natur der Sache, der Wirklichkeit gegeben, insoweit es nach Maxwell's Theorie unmöglich ist, elektrische Schwingungen ohne magnetische und magnetische Schwingungen ohne elektrische Schwingungen herzustellen. Zugleich erweist er den inneren Grund, worauf es beruhte, daß die Anschauungen von Fresnel und Neumann sich lange Zeit als gleichberechtigt einander gegenüberstehen konnten, daß also allgemein zu reden: eine vieldeutige Auffassung möglich war.

---

## ELFTER VORTRAG.

**Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart,  
insbesondere zu Philosophie, Weltanschauung, Volks-  
wirtschaft, Staatskunst.**

### I.

*Naturgemäße Beziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft.* — Die Natur hat von jeher einen besonderen Einfluß auf die geistige Betätigung des Menschen ausgeübt; es konnte nicht anders sein, denn der Mensch ist in sie hineingestellt, auf sie angewiesen, von ihr abhängig. So mußte auch die Wissenschaft von der Natur von jeher für die Menschheit von besonderer Wichtigkeit sein — in diesem Sinne wird die Naturwissenschaft als die älteste Wissenschaft überhaupt anzusehen sein. Es wird für die wahre Schätzung des Verhältnisses des Menschen zur Natur und zu der Wissenschaft von der Natur dauernd im Auge zu behalten sein, daß erst eine auf der Natur aufgebaute Kultur uns von der Natur bis zu einem gewissen Grade unabhängig machen konnte. Dieser Grad von erworbener Unabhängigkeit wird uns aber niemals ein Recht geben, die Bedingungen zu vergessen, unter denen sich Kultur und Geistesleben entwickeln konnten.

So hat denn auch die Natur und ihre Wissenschaft von jeher eine besondere Bedeutung auf die Philosophie ausgeübt. Die ältesten Philosophen waren Naturphilosophen, d. h. sie spekulierten im wesentlichen über die Natur und trieben in ihrer Weise die Wissenschaft von der Natur. Der

Umstand, daß das Altertum insbesondere der Physik gegenüber nicht den angemessenen Standpunkt gefunden hat, kann daran nichts ändern. Können wir so Philosophen des Altertums zu den Physikern rechnen, so werden wir mit gleichem Recht Physiker, wie Galilei und Newton zu den Philosophen rechnen. Es erscheint mir als ein durchaus erfreuliches Zeichen der Gegenwart, daß Philosophen von Fach<sup>1)</sup> die Werke eines Galilei und Newton in das Bereich ihrer Studien ziehen. Die von Newton für Physik geschaffene Bezeichnung *philosophia naturalis*, welche von der englischen Sprache in der Übersetzung *natural philosophy* bis heute übernommen ist, kennzeichnet die hier vorliegenden Verhältnisse ganz richtig.

Es hätte für die vorliegenden Studien keinen Zweck, auf die weitere Entwicklung der mannigfachen Beziehungen zwischen Philosophie und Naturwissenschaften bis zur Gegenwart ausführlicher einzugehen. Ich erinnere nur an Kant, der die Naturwissenschaften seiner Zeit vollständig umfaßte und ihre Stellung innerhalb der Philosophie vollauf würdigte.

*Naturphilosophische Extreme.* — Der Mißklang und Mißkredit, in den für Naturforscher das Wort *Naturphilosophie* gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts durch Philosophen gebracht wurde, kann uns um so weniger ein Recht geben, das immerhin bezeichnende Wort preiszugeben, da die Naturphilosophie Hegel's und Schelling's doch nur eine vorübergehende Erscheinung war. Im Gegenteil, es wird Aufgabe sein, das Wort wieder zu Ehren zu bringen — werden sich doch dauernd um dieses Wort bestimmte Gruppen

---

1) A. Riehl: Über den Begriff der Wissenschaft bei Galilei 1891, Vierteljahrsschr. für wissensch. Philos. P. Natorp: Galilei als Philosoph 1892, Philos. Monatshefte. B. Bauch: Der Abschnitt über theoretische Naturphilosophie (Newton) in der „Geschichte der Philosophie IV, Neuere Philosophie bei Kant“. Leipzig 1908, Sammlung Göschen.

philosophischer Betätigung aufweisen lassen. Sind anderswo Erkenntnis und Irrtum Begleiterscheinungen, warum nicht auch für das Gebiet der Naturphilosophie.

Hatte die Naturphilosophie Hegel's und Schelling's die philosophische Betätigung Naturforschern verleidet, so waren es — teilweise aus einem gewissen Rückschlag und Wunsch nach Ersatz erklärlich — auf der anderen Seite Auswüchse populärer Betrachtungen von Naturforschern, welche den mehr außernaturwissenschaftlich interessierten Gebildeten der Nation von jeder tieferen Anteilnahme an naturwissenschaftlicher Tätigkeit und Arbeit abwandte. Der steigende Einfluß der Naturwissenschaften auf die Umgestaltung der kulturellen Lebensbedingungen der Menschheit ließ sich nicht leugnen, aber er mußte zugleich als Folie gewisser populär-philosophischer Spekulationen zu Zwecken ihrer Verbreitung herhalten.

*Scheidung der Natur- und Geisteswissenschaften und der Wunsch einer inneren Verständigung.* — So mag es gekommen sein, daß es nicht allein die Begrenztheit menschlicher Fähigkeiten, sondern mehr noch eine auf innerer Abneigung begründete Entfremdung war, welche das Geistesleben zum Schaden der Kultur in zwei Gruppen teilte, die sich durch philologisch-historische Interessen auf der einen Seite, durch naturwissenschaftliche Interessen auf der anderen Seite unterschieden. Die Situation wird richtig gezeichnet durch eine Stelle der Ansprache der Berliner Akademie der Wissenschaften zum fünfzigjährigen Doktorjubiläum von E. du Bois-Reymond 1893: „Die Überbrückung der großen Kluft, welche leider noch immer den Gesichtskreis der philosophisch-historisch gebildeten Kreise unserer Nation, wie des ganzen zivilisierten Europa von dem der naturwissenschaftlich und mathematisch Gebildeten trennt, ist unzweifelhaft eine Aufgabe, würdig eines Geistes, der den höchsten Zielen der Menschheit nachstrebt. Beide Kreise verstehen sich gegen-

wärtig kaum in bezug auf die Interessen ihres Denkens und Strebens. Unverkennbar liegt darin eines der größten Hindernisse für ein gedeihliches Zusammenwirken und für eine harmonische Fortentwicklung unseres Geschlechts.“ In gleichem Sinne äußert sich Stumpf<sup>1)</sup> in seiner Berliner Rektoratsrede 1907: „Die höchste Palme menschlicher Geistesarbeit harret noch des Siegers. Es gälte, eine die Natur- und Geisteswissenschaften gleichmäßig durchdringende Ideenwelt zu schaffen, die mit sachlicher Überzeugungskraft die weitesten Kreise der Forscher bezwänge und durch sie die gebildete Menschheit überhaupt mit neuem Lebensblute füllte. Dies könnte nur einem königlichen Genius gelingen, wenn er noch irgend möglich ist, der Leibnizens's mathematisch-physikalische Begabung, die unbegrenzte Weite seiner Interessen, die durchsichtige Klarheit seiner Gedankenbildung mit Kant's bohrendem Tiefsinn und ethischem Pathos vereinigte.“

Wenn es auch verfrüht erscheinen möchte, den Genius baldigst erhoffen zu dürfen, aber die Hindernisse müssen aus dem Wege geräumt und der Boden muß vorbereitet werden.

## 2.

*Der Materialismus und Monismus Hindernisse innerer Ver-  
ständigung.* — Zu diesen Hindernissen gehörte und gehört der auf dem Boden der Naturwissenschaften erwachsene *Materialismus* und *Monismus*.<sup>2)</sup> Wenn auch der Materialis-

1) C. Stumpf: Die Wiedergeburt der Philosophie. Rede zum Antritt des Rektorates am 15. Oktober 1907. Leipzig 1908. S. 37.

2) Die Bezeichnung *Monismus* findet sich vor 1890 nur vereinzelt, ohne daß darunter eine spezifisch materielle Bedeutung zu verstehen wäre. So erscheint die Bezeichnung *Monismus* vor 1890 rein formal, wie auch die Bezeichnung *Dualismus* noch heute rein formal ist. Die Bezeichnung *Monismus* als materielles Kennwort setzt nach meinen Studien erst mit der von P. Carus in Chicago 1890 gegründeten Zeitschrift „The Monist“ ein, wie denn überhaupt die Gründung von Zeitschriften immer die greifbarsten Anhaltspunkte



mus gegenwärtig als naturwissenschaftlich überwunden gelten kann und durch den Monismus in gewissem Sinne seine Ablösung gefunden hat, so empfiehlt sich doch in vieler Beziehung eine gemeinsame Besprechung, sind doch die inneren treibenden Kräfte, die zum Materialismus wie zum Monismus geführt haben, die gleichen. Der gemeinsame Stamm, an dem beide Betrachtungsweisen erwachsen sind, ist der Versuch, um nicht zu sagen der Wunsch: die Naturwissenschaft zu einer Weltanschauung zu erweitern.

Aufgabe der Naturwissenschaften ist es, wie wir früher ausführten, die Natur beziehungsweise gewisse Komplexe

gewährt, eine Bewegung des Geisteslebens von einem bestimmten Zeitpunkt an zu rechnen. Man vergleiche auch meine Festrede, Die materialistische Epoche des neunzehnten Jahrhunderts und die phänomenologisch-monistische Bewegung der Gegenwart, insbesondere S. 16, 17 und 28, und meinen Vortrag, Fähigkeiten der Naturwissenschaften und Monismus der Gegenwart, insbesondere S. 19 und 31. Beides Leipzig und Berlin 1909.

Anhangsweise mögen hier im Anschluß an meine zitierte Rede kurz noch einige Bemerkungen über den *terminus: Phänomenologie* folgen. Von anderen Bedeutungen z. B. in der medizinischen Pathologie und in der Botanik abgesehen, wird bei erkenntnistheoretischen Untersuchungen wie den vorliegenden: Hegel's Phänomenologie des Geistes (1807) schon vom Standpunkt einer Geschichte der Terminologie nicht vergessen werden dürfen, so gänzlich unergiebig auch sonst Hegel für die Beziehungen von Philosophie und Naturwissenschaft ist, und so grundverschieden z. B. die Standpunkte von Hegel und Mach selbstverständlich sind. Herr B. Bauch-Halle a. S. hatte die Güte, mich hierauf aufmerksam zu machen. Soweit es möglich ist, in einem Briefe eine zutreffende Vorstellung zu entwickeln, äußert er sich: „Mach's Phänomenologie ist in letzter Linie eine Philosophie des Bewußtseins auf dessen unterster Stufe, der Empfindung (Empfindungspositivismus), Hegel's Phänomenologie ist eine Philosophie des Bewußtseins auf dessen oberster Stufe, des logischen Denkens in letzter Linie (Geistesphilosophie). Dem Begriff des Problems einer Phänomenologie überhaupt möchte die Aufgabe einer Darstellung des Bewußtseins in der Empfindung entsprechen“. Man vergleiche auch: Windelband, Geschichte der neueren Philosophie Bd. 2 in den Abschnitten über die Phänomenologie Hegel's.

von Naturerscheinungen zu begreifen, d. h. durch Begriffe zu fassen. Jeder Versuch einer Erweiterung der Naturwissenschaften über ihre Arbeitsgrenzen hinaus zu einer Weltanschauung wird also naturgemäß nur darin bestehen können, mit der Voraussetzung oder Behauptung — wie man es nennen will — in die weltanschauende Betrachtung hineinzugehen, daß Hilfsmittel, sei es anschaulicher, sei es begrifflicher Art, welche sich in einzelnen Naturwissenschaften als brauchbar erwiesen haben, auf Gebiete übertragbar sein möchten, für welche ihre Brauchbarkeit doch jedenfalls zunächst noch vollkommen dahinsteht.

Die Welt hat aber nun in dem Spezialgebiet ihren Teil, und insofern spielen natürlich die für das Spezialgebiet geschaffenen wissenschaftlichen Hilfsmittel auch in der Welt ihre Rolle, ja können in der konstruierten Weltanschauung mit Leichtigkeit als solche aufgedeckt werden — aber das *παῶτον ψεύδος* ist eben, daß die für das Spezialgebiet geschaffenen wissenschaftlichen Hilfsmittel erschöpfend sein sollen für die Erfassung der ganzen Welt. Die glatte Negation wesentlicher außerhalb der Arbeitsgrenzen der einzelnen Disziplin liegenden Bestandteile der Welt ist die naturgemäße Folge einer so gewonnenen Weltanschauung. Die Vertauschung des *pars pro toto* ist bekanntlich nur der Dichtung gestattet, der Forschung bleibt sie dauernd versagt.

*Spezielle Betrachtung des Materialismus.* — In der Erscheinung des Materialismus wird man diese Auffassung um so leichter bestätigt finden können, als die Geschichte des Materialismus, wenigstens in ihrer letzten Epoche, zurzeit vollkommen entwickelt und abgeschlossen hinter uns liegt.<sup>1)</sup>

1) Herr B. Bauch bemerkt in seiner freundlichen Besprechung meiner vorhin zitierten Festrede in den Kantstudien über das verdienstvolle Werk F. A. Lange's, Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart 1. Aufl. 1866, 5. Aufl. 1896 sehr richtig: „Bei aller Anerkennung der monumentalen Leistung Lange's macht sich doch die Tatsache bemerkbar, daß er den

Geschichtlich wird der Materialismus wesentlich als eine Folgeerscheinung des Einflusses der mit Beginn des neunzehnten Jahrhunderts in den Naturwissenschaften einsetzenden Atomistik aufzufassen sein, von der ich im ersten Vortrag gesprochen habe. Konnte sich diesem Einflusse kaum eine naturwissenschaftliche Disziplin entziehen, so war es ja nicht weiter wunderbar, daßersich auf die Philosophie übertrug.

Die Situation kann gekennzeichnet werden im Anschluß an die bekannte Äußerung du Bois-Reymond's<sup>1)</sup>: „Naturerkennen — genauer gesagt naturwissenschaftliches Erkennen oder Erkennen der Körperwelt mit Hilfe und im Sinne der theoretischen Naturwissenschaft — ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch deren von der Zeit unabhängige Zentralkräfte bewirkt werden, oder Auflösen der Naturvorgänge in Mechanik der Atome“ — eine Definition, für welche heute kaum ein Naturforscher noch eintreten wird. Diese Äußerung stammt aus einer Zeit (1872), in welcher der naturwissenschaftliche Materialismus bereits im Absterben war. Geschichtlichen Wert wird jene Definition jedenfalls immer behalten, findet in ihr doch zugleich außerordentlich klar die Grundanschauung ihre Charakteristik, an welche der Materialismus seine Konstruktion der Welt knüpfte.

Materialismus noch nicht aus der nötigen historischen Ferne sah. Nur so erklärt es sich, daß Lange bei seinem positiven Verhältnis zum „methodischen Materialismus“ auf dem Gebiete der theoretischen Philosophie die praktische Philosophie in letzter Linie mehr auf das Gebiet der Phantasie hinüberretten zu sollen meinte, anstatt sie selbst streng wissenschaftlich zu verankern, und daß zwischen seinen theoretischen und praktischen Anschauungen ein Riß klapft, den nur der reine Idealismus zu überwinden vermag. Zudem lagen für Lange die etwa im letzten Menschenalter von Seiten gerade der Naturforschung geleisteten Arbeiten zur Überwindung des Materialismus nicht vor“.

1) E. du Bois-Reymond, Die Grenzen des Naturerkennens. Vortrag in der zweiten allgemeinen Sitzung der 45. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Leipzig 1872.

Der Materialismus war eine Anschauung, die vermöge der Anlehnung an die Atomistik in überaus klarer und durchsichtiger Weise ein Programm aufstellen und entwickeln konnte. So erschien denn auch der Materialismus einerseits zur Popularisierung in hohem Grade befähigt, stellte er doch eine vollkommen einheitliche, zielbewußte Bewegung im Geistesleben der Zeit dar — auf der anderen Seite lag allerdings auch in der Klarheit seines Programms eine einfachere, leichtere Möglichkeit, ihm wissenschaftlich beizukommen und ihn überwinden zu können.

*Spezielle Betrachtung des Monismus.* — Im Gegensatz zum Materialismus besteht für eine Besprechung des Monismus die Schwierigkeit, daß der Monismus durchaus keine einheitliche Bewegung im Geistesleben der Gegenwart darstellt, so sehr auch die Bezeichnung Monismus dazu auffordern mag. Seine Betätigung liegt nach meinen Wahrnehmungen mehr in einer Destruktion, Ablehnung, Negation einer Reihe von Standpunkten im allgemeinen, als in einer Konstruktion und Aufstellung eines eigenen, wirklich einheitlichen, positiven Programms. Von einzelnen Naturforschern, je nach dem Arbeitsgebiet der Einzelnen reklamiert, stellt er mehr eine Vereinigung heterogener Gruppen als eine wirkliche Einheit dar. Innerhalb des Monismus steht die Leichtigkeit der Aufstellung sogenannter *Weltanschauungen* durchaus im Gegensatz zu der Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit, — das sei zum Ruhme naturwissenschaftlicher Forschung gesagt — mit welcher seine wissenschaftlichen Vertreter — und um diese soll es sich hier zunächst handeln — sich eigenen wissenschaftlichen Spezialarbeiten zu unterziehen pflegen, wie solche Schritt für Schritt das Gebiet der Naturwissenschaften tatsächlich bereichern.

Aufgabe der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen ist es und bleibt es, die für ihre Gebiete charakteristischen und angemessenen Isolationszentren zu finden und zu stu-

dieren. Diese Isolationszentren sind andere z. B. in der Chemie, wie in der Biologie. So pflegen denn Chemiker ihre Weltanschauung anders zu konstruieren als Biologen, am enthaltsamsten und zurückhaltendsten pflegen Physiker sich Aufstellungen sogenannter Weltanschauungen gegenüber zu verhalten — jeder arbeitet schließlich mit dem Handwerkszeug, das er kennt. Dazu kommt noch eins: Wissenschaftliche Arbeit stellt dauernd so hohe Anforderungen an ihre Jünger, daß es vollkommen aus der Natur der Sache erklärlich erscheint, wenn im Verlauf der hier notwendigen Verschärfung und Gewohnheit spezieller Verstandesübungen, in gewissen Gedankenrichtungen zu arbeiten, als Begleit- und Folgeerscheinung eine Abstumpfung gegenüber anderen Erscheinungen der Wirklichkeit und des Lebens auftritt, welche bis zur Naivität als Bedürfnis- ja Interesselosigkeit erscheinen mag. Diese Bedürfnislosigkeit mag dem Einzelnen gar nicht in dem Maße zum Bewußtsein kommen wie der gegenüberstehenden Gesamtheit.

In diesem Sinne möchte ich auch durchaus das aufrecht erhalten, was ich bereits in der ersten Auflage dieser Schrift (S. 141) schrieb: Es erscheint mir verfehlt und innerlich widerspruchsvoll, ein Band zwischen Religion und Wissenschaft dadurch herstellen zu wollen, daß eine einzelne Wissenschaft von ihrem begrenzten Standpunkt einen vorzeitigen Abschluß zur Einheit vollzieht, der einmal ihrem innersten Wesen widerspricht und dann auf ganz anderen Gebieten Geltung haben soll — also z. B. sittlichen.

Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft<sup>1)</sup> hat seine Quelle ebenso wie jede Religion in den Bedürfnissen des Gemüts, aber dies doch nur immer für den einzelnen Forscher; wird doch auch das Gemüt an mancher Anregung zur Vornahme der Forschung in einer bestimmten

---

1) E. Haeckel, *Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft. Glaubensbekenntnis eines Naturforschers.* 1892.

Richtung teilhaben, wird doch in jeder Forschung ein Stück Gemütsleben verborgen liegen. Aber der Monismus dürfte nicht in der Lage sein, die berechtigten Bedürfnisse des menschlichen Gemüts allgemein befriedigen zu können; er kann diesen Bedürfnissen nur sehr einseitig Rechnung tragen, indem er sich von vornherein als durch eine Spezialwissenschaft bedingt einführt, woran nichts geändert wird, wenn diese Spezialwissenschaft zur Universalwissenschaft proklamiert wird.

*Versuch, dem Materialismus und Monismus bei aller Ablehnung eine psychologische Würdigung abzugewinnen.* — Eine besondere Rolle spielt für den Materialismus und Monismus der Einheitsgedanke. Einheitsgedanken pflegen in ihrer verschiedenen Bedeutung häufig vermengt und zu wenig auseinander gehalten zu werden. Um nur auf eins hinzuweisen: Die sittliche Seite des Geistes hat eine geschlossene Einheit aufzuweisen; die intellektuelle Seite nicht, letztere ist nicht eine geschlossene Einheit, vielmehr eine zur Einheit zu schließen geneigte Tendenz. Es ist richtig, daß Intellekt und Sitte zueinander in Wechselwirkung stehen; aber es kann vielleicht als Irrtum von Jahrtausenden formuliert werden, daß man diese Wechselwirkung in das Fahrwasser einer einheitlichen und damit einseitigen intellektuellen Erkenntnis einzudämmen suchte.

In früheren Zeiten war es die Kirche, welche angeblich von sittlicher Seite aus intellektuelle Werte zu meistern versuchte. Die Kirche glaubte einseitig die Führung über den Intellekt übernehmen zu können, die Zulassung einer Wirkung des Intellekts auf die Sitte schien gefährlich. Die intellektuelle Förderung wurde gehemmt, aber unterdrücken ließ sie sich nicht; je stärker sie sich entfaltete, desto unwahrer wurde das Verhältnis der Sitte zum Intellekt, desto größeren inneren Schaden erlitten die sittlichen Kräfte der Kirche. Ein Gesundungsprozeß konnte nur durch Zulassung einer

berechtigten Einwirkung der fortschreitenden Erkenntnis des Intellekts auf die sittlichen Kräfte der Kirche eingeleitet werden, die ihre Einheit darum noch nicht aufzugeben, nur zu reinigen brauchte. — Heute ist es der Materialismus und Monismus, welcher angeblich von intellektueller Seite sittliche Werte zu meistern versucht.

Die sittlichen Kräfte bedürfen zu ihrer Vertiefung der Einwirkung des fortschreitenden Intellekts, aber ebenso kann der Intellekt ihrer nicht entraten. Die intellektuelle Forschung ist ohne Willenskraft, ohne sittliche Kraft nicht denkbar. Das Leben des einzelnen ist viel zu kurz und zu wenig universell veranlagt, um nach dem Schema, wie es das Superpositionsprinzip an die Hand gibt, Forschungen zuzulassen; hier bietet nun die Arbeitsteilung mit aller ihrer Einseitigkeit die willkommene Ergänzung zur Universalität. Der einzelne Forscher schreitet nun einmal mit einer gewissen Summe von Anschauungen und Voraussetzungen zur Konstruktion der Wirklichkeit, wie sie ihm seine Wissenschaft darbietet, und er wird sich dieser Aufgabe, wenn auch einseitig, mit einer Liebe und Hingebung unterziehen, wie sie durch keine noch so objektive Forschung als erreichbar hingestellt werden könnte. Man mag der Tendenz einer Arbeit noch so feindlich gegenüberstehen, man wird ihr, wenn sie nur in sich konsequent ist, einen inneren Wert nicht absprechen können, sie mindestens als negativen Versuch gelten lassen müssen, welcher etwa zeigt, daß gewisse Voraussetzungen als Ausgangspunkte nicht gewählt werden dürfen, weil sie nicht Isolationzentren in dem früher erläuterten Sinne sind.

Man darf die Liebe und Hingebung an eine einzelne Richtung der Forschung nicht unterschätzen. „Zwischen den Bedürfnissen des Gemüts und den Ergebnissen menschlicher Wissenschaft“<sup>1)</sup> läßt sich in den exakten Wissenschaften

1) H. Lotze, Mikrokosmos. Ideen zur Naturgeschichte und Geschichte der Menschheit. Versuch einer Anthropologie. 1856—1864, 5. Aufl. 1896.

vielleicht schärfer, wie anderswo, bis ins Kleinste der Zwist verfolgen, dessen Auseinandersetzung nun einmal ein großer Teil der Lebensaufgabe des Einzelnen ist. Das Gemüt möchte immer der Forschung das Resultat vorweg nehmen, es bestimmt mit die Richtung der Fotschung; aber das Resultat der Forschung entspricht doch in den meisten Fällen nicht vollkommen den Erwartungen; schon die Frage- und Problemstellung, mit der man in die Forschung hineingegangen, läßt sich nicht immer aufrecht erhalten und erweist sich als verfehlt, ja als unberechtigt. Der Zwist zwischen den Erwartungen des Gemüts und den Forderungen der Wissenschaft mag schwanken, aber stets endigt er damit, daß die Bedürfnisse des Gemüts gerade da in eine bestimmte Richtung gedrängt werden, wo zuvor das Gemüt die Rolle der treibenden Kraft übernahm.

Es ist psychologisch nicht uninteressant, diesen Zwist zwischen Gemüt und Forschung bei hervorragenden Entdeckungen im Einzelnen zu verfolgen: Der Naturforscher hat sich mit Liebe in eine Theorie vertieft, sie entspricht seinen Anschauungen, er tritt mit seiner Persönlichkeit für sie ein, er hat in ihrem Sinne gearbeitet und Arbeiten veröffentlicht. Nun wird er bei einer weiteren Beobachtung vor eine Tatsache gestellt, die er im Sinne der Theorie nicht deuten kann; entmutigt bricht er die Versuche ab, aber bald sagt er sich, daß es ebenso wichtig sei, durch Versuche festzustellen, daß seine Theorie richtig, wie daß sie falsch sei; er nimmt die Versuche wieder auf, und wohl ihm, wenn sich nun zeigt, daß ein Umstand übersehen, daß die Wahrheit der Theorie auch aus der neuen Probe geläutert hervorgeht.<sup>1)</sup>

Die streng wissenschaftliche Arbeit stellt an den einzelnen Gelehrten ganz besondere Anforderungen, die man durchgemacht haben muß, um beurteilen zu können, wie sehr solche Arbeit den ganzen Menschen mit Geist, Leib und

1) H. Hertz, Ausbreitung der elektrischen Kraft 1892. S. 8.



Seele in Anspruch nimmt. Es ist unausbleiblich, daß, wenn nicht Gegengewichte in Veranlagung und Charakter vorliegen, eine Verkümmernng anderer menschlicher Fähigkeiten mit der Zeit eintreten muß. Solche Gegengewichte liegen im Gemüte der Menschen vor; sie bedingen besondere Kräfte und Fähigkeiten, welche schlummern mögen — aber da sind sie, und sie bedingen den Zwist oder Streit, wie wir es nennen wollen.

Kann es uns Wunder nehmen, wenn der Gelehrte diesen Streit nach Lage seiner Kräfte und Fähigkeiten schlichten will, so nach dem ihm zu Gebote stehenden Handwerkszeug greift, von seinem Standpunkt aus den Archimedes spielt und ausruft: Man zeige mir den Schwerpunkt der Welt, und ich will die Welt mit meinem Rüstzeug aus den Angeln heben!

So sind es lediglich Bedürfnisse des Gemüts, welche so manchen Vertreter der Naturwissenschaften zur vorzeitigen Konstruktion einer Weltanschauung Anlaß geben möchten. Wie sehr bei einem solchen Unternehmen Verwechslungen intellektueller und künstlerischer Momente Hand in Hand gehen, ohne daß solche immer gleich zum Bewußtsein kommen mögen, tritt recht deutlich auch darin zutage, daß bei solchen Gelegenheiten unsere dichterischen Heroen redend eingeführt werden, und damit das Gefühl der Hörer und Leser mächtig in Mitleidenschaft gezogen wird; der wohlbekannten dichterischen Form erscheint dadurch in unerwarteter Weise ein Inhalt gegeben, der in dem vorgetragenen Zusammenhange anspricht und dadurch von vornherein auf Zustimmung rechnen kann.<sup>1)</sup> Es ist gerade der Monismus, der sich solche Mittel gerne zu Nutzen macht und nicht entgehen läßt.

Ich erinnere mich noch aus meiner Studienzeit, da der Materialismus florierte, der Bemerkung von physikalischer Seite, daß unter den Naturwissenschaften doch eigentlich

1) Es handelt sich z. B. um die S. 234—241 behandelten Vorträge und Reden von Haeckel, Ladenburg, Verworn.

die Physik die Weltanschauung gäbe. Die Physik konnte das damals eher sagen als die Biologie und Physiologie, die mit den Bausteinen des Materialismus, den Kräften und Atomen doch eigentlich nichts zu tun hatten. Heute haben wir den Monismus; da sagen die Biologen und Physiologen; daß sie doch eigentlich das Material für eine naturwissenschaftliche Weltanschauung in erster Linie liefern.<sup>1)</sup>

Wir werden so die Weltanschauungen naturwissenschaftlicher Vertreter als falsch gerichtete Äußerungen an und für sich berechtigter Anlagen und Fähigkeiten der Menschheit zu bezeichnen haben. Sie stellen sich als Versuche dar: einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin eine über ihre spezielle Interessensphäre hinausgehende allgemeine Bedeutung zu geben.

*Rolle der naturwissenschaftlichen Bildersprache in der materialistischen und monistischen Weltanschauung.* — Vergleicht man die zu verschiedenen Zeiten von Naturforschern aufgestellten Weltanschauungen, so findet man eine überraschende Wiederkehr all der bevorzugten Lieblingsanschauungen und Bilder einzelner Epochen, die ich im ersten Vortrag gelegentlich eines geschichtlichen Rückblicks unterschieden habe. Bald sind es Elementar- bald Summenerscheinungen, bald Atome, bald Energieformen, bald Empfindungen, an welche die Weltanschauung knüpft.

Ich nehme die als ausgezeichnetes Werk bekannte „Geschichte des Materialismus“ von F. A. Lange zur Hand. In diesem Werke haben die subjektiven Bilder und Anschauungen alter und neuer naturwissenschaftlicher Forschung ihre geschichtliche Darstellung und Sammlung gefunden. Setzt man aber die Resultate dieser Forschung, wie sie sich nach langer Entwicklung dem heutigen Blicke des Naturforschers ergeben, in Beziehung zu den Mitteln und Wegen, auf denen

1) M. Verworn in der S. 239—241. behandelten Rede.

sie erreicht sind, so wird man sagen müssen, daß die Bilder und Anschauungen, welche die Phantasie der Forscher eben so oft zum Vorteil, wie zum Nachteil der Forschung belebt haben, die bunten Mäntelchen, wie sie H. Hertz genannt hat, dem Forscher vorübergehend vielleicht manche Anregung und manchen Nutzen gewährt haben, sich im weiteren Verlauf für den zu untersuchenden Gegenstand aber als überflüssig, ja als ungehörig erwiesen haben.

Nun geschieht aber ein Doppelpes:

Der Forscher läßt seine Bilder und Anschauungen, die seine Phantasie befruchtet haben und die sich für die Wissenschaft doch als wenig bedeutungsvoll erweisen, nicht los — oder vielleicht noch besser, diese Bilder und Anschauungen lassen ihn nicht los; er weiß, was er ihnen dankt, es entsteht eine Art Dankespflicht und Dankesschuld, die er glaubt, jenen gegenüber abtragen zu müssen. In vielen Fällen wird sich übrigens der Forscher der Tragweite und Grenze der Bilder und Anschauungen, deren er sich bei seiner Arbeit bedient, vollkommen klar und bewußt sein, er spricht geradezu von Arbeitshypothesen<sup>1)</sup>, die er beibehält, so lange sie ihm eine ergiebige Quelle für die Forschung darstellen, die er aufgibt, sobald diese Quelle versagt.

Der naturwissenschaftlich weniger geschulte Philosoph aber erblickt in diesen subjektiven Bildern und Anschauungen des Forschers die ihm einzig zugänglichen Elemente der Erkenntnis, welche er als Kernpunkte der Forschung in den Vordergrund rücken und als Bausteine seiner philosophischen Weltanschauung verwerten zu können glaubt. Das sind die Bilder und Anschauungen, deren sich der Materialismus als Bausteine zu seiner besonderen Weltanschauung bedient; er darf sich um so mehr berechtigt fühlen, diesem Material eine besondere Rolle zuzuwenden zu können, als die Natur-

1) W. Voigt: Über Arbeitshypothesen, Rede 1905. Heft 2 der „Geschäftlichen Mitteilungen“ aus den Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

forscher, von denen jene Bilder und Anschauungen herführten, zum Teil selbst von ihrer Bedeutung durchdrungen waren, ohne sich immer der Grenzen ihrer Tragweite bewußt zu sein.

Wenn ich vorhin andeutete, daß der Physiker am wenigsten in Weltanschauungen macht, ist das wohl aus der Eigenart der physikalischen Forschung erklärbar. Es mag daran liegen, daß der Physiker zur Zeit unter den Naturforschern am ersten in der Lage ist, erfolgreiche Anschauungen als Bilder in ihrer wissenschaftlichen Bedeutung zu werten, daß der Physiker am meisten darauf angewiesen ist, mit der Beziehung: Voraussetzung und Folge zu arbeiten, daß in der Physik der Begriff der naturwissenschaftlichen Methode seine tiefste und feinste Ausarbeitung findet.

Wir müssen hier Wissenschaft und Philosophie auseinander halten. Die wahre Naturwissenschaft ist weder materialistisch noch idealistisch, sie huldigt keinem monistischen Prinzip, sie ist und darf nichts anderes sein als die Wissenschaft von der Natur. Die Naturwissenschaft als solche darf auch keinem philosophischen System huldigen, sie wäre sonst darin befangen.

Wir lernen die Situation vielleicht noch besser kennen, wenn wir uns die Stellung wenigstens einiger Naturforscher zum Monismus vergegenwärtigen. Die Naturforscher zeigen ein sehr verschiedenes Verhalten, wenn es sich darum handelt, von den Schranken der eigenen Wissenschaft aus, Stellung zu nehmen zu den Fragen anderer Wissenschaften, zu Fragen des Lebens und der Weltanschauung. Von dem Standpunkt der Beschränkung, Enthaltensamkeit und Entsagung bis zum Standpunkt der Schrankenlosigkeit und Überhebung erscheinen alle Stufen vertreten.

3.

*Bedürfnis an der Hand spezieller Beispiele die allgemeinen Ausführungen unter (2) zu ergänzen. — Es wird als Bedürfnis*

empfundener werden, meine allgemeinen Auseinandersetzungen über Materialismus und Monismus durch Behandlung einer Reihe von speziellen Fällen nach der einen oder anderen Richtung veranschaulicht zu sehen. So wähle ich denn eine Reihe von Autoren verschiedener naturwissenschaftlicher Disziplinen aus, um an der Hand ihrer Äußerungen meine Darstellung weiter zu vervollständigen. Ich wähle den Zoologen Haeckel, den Chemiker Ladenburg, den Physiologen Verworn, den Physiker Hertz.

*E. Haeckel 1892. 1899.* — Es soll sich hier lediglich um die naturphilosophischen Arbeiten Haeckel's handeln, speziell zoologische Arbeiten sollen nur soweit herangezogen werden, als sie zur Charakteristik der naturphilosophischen Stellung beitragen.<sup>1)</sup> Die Betonung der Naturphilosophie ist es, die ihn zwingt, geradezu an physikalische Grundbegriffe anzuknüpfen, so fern ihm die Physik als Wissenschaft liegt, und so sehr er selbst auch gelegentlich zugibt, daß sie ihm fern liegt. Das hindert aber Haeckel keineswegs, sich über die Physik Urteile anzumaßen und die Aussagen ihrer Vertreter in einer durchaus fremden, eigenartigen Weise umzuwerten und zu besonderen Zwecken zu verwerten. Lehrsätze und Leitbegriffe der Physik sinken zu Karikaturen herab, und die gewaltige Arbeit, die sie zustande gebracht hat, erscheint durch flache Bemerkungen mißachtet.<sup>2)</sup>

So erscheint denn der auf diese Weise gewonnene Monismus durch Vergewaltigung von Tatsachen erzwungen, und als künstliches Gebilde lediglich auf Grund einer willkür-

1) E. Haeckel, Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft. Glaubensbekenntnis eines Naturforschers 1892. — Die Welträtsel, Gemeinverständliche Studien über monistische Philosophie. 1899. — Kunstformen der Natur 1899—1903.

2) O. D. Chwolson, Hegel, Haeckel, Kossuth und das zwölfte Gebot. 1906. — Zwei Fragen an die Mitglieder des deutschen Monistenbundes. 1908. — Das zwölfte Gebot findet seine Formulierung: „Du sollst nie über etwas schreiben, was Du nicht verstehst“.

lichen Auswahl von Tatsachen dogmatisch hingestellt. Die Mittel, wie Haeckel seine Gegner bekämpft — er macht nicht den geringsten Unterschied, ob diese Gegner wissenschaftlich anerkannte Persönlichkeiten darstellen oder nicht — lassen auch nur den Versuch einer Verständigung ausgeschlossen erscheinen.

So erscheint denn das Urteil des jüngst heimgegangenen Philosophen F. Paulsen über die Welträtsel, welche Haeckel in Form einer billigen Volksausgabe in zweihunderttausend Exemplaren und mehr in die Masse des Volkes schleudert, nur zu gerechtfertigt: „Ich habe mit besonderer Scham dieses Buch gelesen, mit Scham über den Stand der allgemeinen Bildung und der philosophischen Bildung unseres Volkes. Daß ein solches Buch möglich war, daß es geschrieben, gedruckt, gekauft, gelesen, bewundert, geglaubt werden könnte bei dem Volk, das einen Kant, einen Goethe, einen Schopenhauer besitzt, das ist schmerzlich! Indessen: *Nasce te ipsum.*“<sup>1)</sup>

Ich möchte mir Mühe geben, den Standpunkt zu finden, von dem aus eine Beurteilung der Betätigung Haeckel's auf Gebieten, die ihm fern liegen — ja fern liegen müssen, erklärlich erscheinen mag. Sein Werk „*Kunstformen der Natur*“ weist hier vielleicht die richtige Fährte. Die organische Natur mit ihrer unermeßlichen Schöpfungsgestaltung ist in hohem Grade geeignet das künstlerische Empfinden der Menschen anzuregen. Von dem Standpunkt künstlerischen Empfindens aus gewann ein Goethe seine Vorliebe für naturwissenschaftliche Betätigung, die in Konzeptionen über die Metamorphose der Pflanze und über den Zwischenkiefer beim Menschen ihren angemessenen Ausdruck fand. Aber schon einem Goethe blieb das Verständnis für Männer wie Newton verschlossen.

1) F. Paulsen, in der Sammlung: *Philosophia militans* 3. u. 4. Auflage. Berlin 1908 S. 211 am Ende des Aufsatzes: Ernst Haeckel als Philosoph.

So werden wir denn auch in einer unzweifelhaft vorhandenen künstlerischen Beanlagung<sup>1)</sup> Haeckel's den Schlüssel eines Verständnisses zu seinen mannigfachen, außerwissenschaftlichen Betätigungen zu suchen haben, welche ihn unter Umständen geradezu behindert auf Gebieten, die ihm verschlossen sind und bleiben, intellektuelle Momente als solche zu fassen. Von diesem Standpunkt werden wir wohl in erster Linie Haeckel's monistische Bestrebungen zu beurteilen haben. Ich halte es aber darum auch nicht für zweckmäßig, den Monismus gerade im Anschluß an Haeckel näher zu behandeln. Mit urteilloser Naivität, wie sie eben nur Künstlernaturen eigen zu sein pflegt, erscheint Haeckel bereit, alle naturwissenschaftlich bedeutenden Fortschritte zu Gunsten seiner monistischen Weltanschauung<sup>2)</sup> umzuwerten und alle hervorragenden Naturforscher der Gegenwart zu Monisten zu stempeln. Wie wenig er z. B. berechtigt war, H. Hertz als Monisten anzusehen, wird ersichtlich werden, wenn ich bei der getroffenen Auswahl naturwissenschaftlicher Vertreter auf Äußerungen von Hertz zu sprechen komme.

*A. Ladenburg, Vortrag: Über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung 1903.* — Ein willkommenes Beispiel für die Behandlung von Weltanschauungsfragen seitens naturwissenschaftlicher Vertreter bietet der Vortrag des Breslauer Chemikers A. Ladenburg<sup>3)</sup> auf der Kasseler Naturforscherversammlung.

1) Das hervorragende Geschick Haeckel's, an der Wandtafel während der Vorlesung künstlerische Zeichnungen zu entwerfen, ist mir von einem seiner ehemaligen Schüler ganz besonders gerühmt worden.

2) Neuerdings scheint Haeckel den glücklicheren Ausdruck Weltbild statt Weltanschauung zu bevorzugen. Man vergleiche: E. Haeckel, Das Weltbild von Darwin und Lamarck. Festschrift zur hundertjährigen Geburtstagsfeier von Charles Darwin. 1909.

3) A. Ladenburg: Über den Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung. Vortrag gehalten auf der 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Kassel am 21. September 1903. Leipzig 1903.

Über die wissenschaftliche Bedeutung von Ladenburg als Chemiker besteht wohl nur eine Stimme — die der Anerkennung und Wertschätzung. Darum wäre aber nun nichts verkehrter, als an die Lektüre des erwähnten Vortrags mit der Vorstellung heranzutreten, daß hier — ganz abgesehen von dem Standpunkt des Vortragenden — gleichfalls eine bedeutende Leistung vorläge.

Sehen wir uns einmal den Vortrag zunächst rein äußerlich an: Von einem Chemiker möchten wir natürlich in erster Linie auch chemische Belehrung empfangen; schon in dieser Hinsicht werden wir enttäuscht. Von den rund dreißig kleinen Seiten der Sonderausgabe des Vortrags ist nur eine Seite der Chemie, speziell Lavoisier gewidmet, und diese bildet nicht einmal ein besonderes Charakteristikum der Rede. Die Gegenstände erscheinen überhaupt in dem Vortrage hinsichtlich der Länge ihrer Behandlung im umgekehrten Verhältnis zu dem eigentlichen wissenschaftlichen Arbeitsgebiet des Autors bedacht: die Chemie also mit einer, die Physik mit zwei, der Darwinismus mit drei, die Astronomie mit vier Seiten. So kommt denn — gut gerechnet — in Summa nur ein Drittel des ganzen Vortrags überhaupt auf Naturwissenschaften.

Der naturwissenschaftliche Laie gibt sich nun leicht der Vorstellung hin, daß die Naturwissenschaften, so groß auch ihr Umfang erscheinen mag, immerhin ein Gebiet darstellen, welches der Chemiker oder der Physiker übersehen wird oder doch wenigstens übersehen müßte. Diese Vorstellung mag durch den Vortrag von Ladenburg unterstützt erscheinen, ist aber bei dem Umfang der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen und bei der Mannigfaltigkeit ihrer Arbeitsmethoden eine ganz irrige. Natürlich orientiert sich z. B. der Physiker gerne gelegentlich über aktuelle, auch über ältere Fragen, welche andere naturwissenschaftliche Disziplinen bewegen — er würde dann allerdings Ladenburg für etwaige Belehrung nur auf chemischem Gebiete in Anspruch nehmen.



So erscheint denn der Vortrag Ladenburg's gar nicht für Naturforscher bestimmt; er erinnert an Reden gewisser Parlamentarier, die ihre Reden zwar im Parlament, aber doch — wie man zu sagen pflegt — zum Fenster hinaus halten. Von einer Aktualität der naturwissenschaftlich berührten Gegenstände kann auch nicht gesprochen werden. Der ganze Vortrag stellt sich mir als ein Anachronismus dar. Er hätte vor fünfzig Jahren gehalten sein können; es handelt sich um alte, den Teilnehmern der Naturforscherversammlung jedenfalls wohlbekannte Parodiefeder.

Ladenburg würde gewiß, wenn er hierauf aufmerksam gemacht würde, antworten, daß sein Thema eben der Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung sei, ein solcher Einfluß wirke nach, die gegenwärtig aktuellen Fragen der Naturwissenschaft hätten noch keinen Einfluß auf die Weltanschauung und schieden darum aus.

Wovon handeln nun aber die übrigen zwei Drittel des Vortrags? Man kann wirklich hierauf antworten von allem und noch einigem: Rein äußerlich kritisch und gründlich wird mit dem ersten Buche Moses, also mit der Erschaffung der Welt, mit Hellenismus, Mittelalter, Humanismus und Renaissance begonnen, auf Seite 11 dann das Zeitalter der Naturwissenschaften — also wesentlich früher, als das andere Autoren tun — proklamiert, um mit natürlich wieder kritischen Betrachtungen über Gott, Freiheit und Unsterblichkeit, über Aufklärung und mit der Losung „Werktätige Menschenliebe“ zu schließen. Auch Bildungs- und Unterrichtsfragen werden nicht vergessen. So erscheint denn die Erinnerung an das bekannte Sprichwort am Platz: In der Beschränkung zeigt sich der Meister. Ladenburg scheint sich dessen auch gegen Ende seines Vortrags zu erinnern: „Es wird ihm schwer, die Frage der Unsterblichkeitslehre als Nichtpsychologe vor einem so urteilsfähigen Publikum behandeln zu sollen. Aber sein Thema verlangt, daß er auch diese Frage berühre“.

Ja, das Thema! An dieser Stelle mag Ladenburg sich selbst als Knecht und nicht als Herr des Themas gefühlt haben, und damit kommen wir zur Beurteilung des inneren Wertes seines Vortrages:

Gewiß stellen die aufgeführten naturwissenschaftlichen Entdeckungen hervorragende Leistungen menschlicher Intelligenz und Arbeitsenergie dar; darüber kann gar kein Zweifel bestehen. Aber was hat es für einen Sinn, die Aufdeckung zunächst doch durchaus eigenartiger und einzigartiger Tatbestände der Natur gewaltsam in Beziehung zu setzen zu ganz anders gerichteten Aufgaben früherer Zeit, an denen sich naturgemäß die Fähigkeiten der Menschheit zunächst zu entfalten hatten. Jede Zeit will schließlich doch in erster Linie von ihrem Standpunkte aus beurteilt werden — von den Aufgaben aus, welche sie sich stellt. Aufgaben späterer Zeiten stellen naturgemäß für frühere Zeiten fremde Beziehungen dar, ganz ebenso aber auch Aufgaben früherer Zeiten für spätere. Man kann nicht sagen, daß die in früheren Zeiten erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse in den Besitz aller späteren Zeiten übergehen — ein guter Teil geht verloren. So kann man auch nicht sagen, daß die in späteren Zeiten erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse für sich ausreichen möchten, alles das zu schaffen, was frühere Zeiten geleistet haben.

*M. Verworn, Festrede: Naturwissenschaft und Weltanschauung. 1903.* — Eine für die Beurteilung einer der vielen Formen des Monismus, des Psychomonismus in mancher Hinsicht geeignet erscheinende Schrift bildet eine in der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen gehaltene Festrede des Physiologen M. Verworn.<sup>1)</sup> Der Festredner spricht

1) M. Verworn: Naturwissenschaft und Weltanschauung. Leipzig 1904. Eine Popularisierung dieser Rede findet man in dem ersten Vortrage der Schrift des Verfassers: Die Mechanik des Geisteslebens. Leipzig 1907 (200. Bändchen der Sammlung „Aus Natur u. Geisteswelt“).

in dem Vorwort seiner Schrift davon, daß seine Betrachtung selbstverständlich keine „fertige“ Weltanschauung liefere. Eine „fertige“ Weltanschauung sei überhaupt von vornherein eine absurde Idee, deren Realisierung das Grab aller geistigen Entwicklung bedeuten würde. Der Kernpunkt der Auseinandersetzungen läßt sich kurz in eigenen Worten Verworn's angeben: „Die Forderung, alle Dinge auf ein einheitliches Prinzip zurückzuführen, ist eine Konsequenz, die sich aus der Natur des Erkenntnisprozesses notwendig ergibt. Der Prozeß des Erkennens stellt ja das Zurückführen einer Vielheit auf ein gemeinsames Prinzip vor. Denken wir uns diesen Reduktionsprozeß weiter und weiter fortgesetzt, so muß er in konsequenter Weise zuletzt zu einem einzigen Prinzip führen. Aber der Prozeß des Erkennens enthält nicht bloß diese Reduktion an sich, sondern die Zurückführung muß auch eine Zurückführung auf bekannte Dinge sein. Nur wenn eine Vielheit von unbekanntem Dingen zurückgeführt ist auf ein bereits bekanntes Prinzip, sprechen wir von einer wirklichen Erkenntnis. Wir müssen also verlangen, daß das letzte Prinzip einer monistischen Weltanschauung uns unmittelbar als bekannt gegeben ist und keiner Erklärung weiter bedarf, denn es muß ja das einzig wirklich existierende Prinzip sein, und es wäre daher ein völlig absurdes Unternehmen, das einzig existierende Prinzip noch weiter definieren zu wollen. Schließlich aber wird uns die Zurückführung der Vielheit nur befriedigen, wenn sie ohne Hypothese auf logischem Wege erfolgt. Jede Hypothese würde unbefriedigend sein, weil sie dem Zweifel Tür und Tor offen läßt. Also: eine monistische Erklärung ist nur da verwirklicht, wo es gelungen ist, die Dinge in hypothesenfreier Weise auf ein einziges bekanntes Prinzip zurückzuführen“ (S. 15 u. 16).

„Die ganze Körperwelt baut sich uns aus Bestandteilen auf, die Verworn als psychische zu bezeichnen gewöhnt ist. Der Gegensatz zwischen Körperwelt und Psyche

existiert in Wirklichkeit gar nicht, denn die gesamte Körperwelt ist nur Inhalt der Psyche. Es gibt überhaupt nur eins, das ist der reiche Inhalt der Psyche“ (S. 29). „Es ist übrigens nicht notwendig, daß die Empfindungen oder Empfindungskomplexe (Dinge) jeden Augenblick in unserem Bewußtsein vorliegen, auch außerhalb des Bewußtseins existieren Empfindungen; es genügt die Möglichkeit, unser Bewußtsein jeden Augenblick auf die Empfindung oder den Empfindungskomplex, wie ein Fernrohr auf einen Stern richten zu können. Wir beobachten, daß in der Zwischenzeit, in der wir — den Stern — nicht im Bewußtseinsfelde hatten, etwas mit ihm vorgegangen ist, er an einen anderen Ort gerückt ist. Diese Vorgänge können wir durch zweckmäßiges Experimentieren mit den Empfindungen und Empfindungskomplexen studieren, und die Gesetzmäßigkeit ihres Ablaufs können wir experimentell ermitteln. So treiben wir wissenschaftliche Forschung, und so finden wir, daß die Elemente auch in der Zwischenzeit existiert haben, während sie nicht im Bewußtseinsfelde waren, denn wir können beliebig jede Phase des Vorganges sich im Bewußtseinsfelde abspielen lassen oder nicht und finden die gleiche Gesetzmäßigkeit.“ (S. 46 nicht im Text, sondern in Anmerkung, der erste Teil etwas zusammengezogen, wie ich hoffe ohne den Sinn der Darstellung von Verworn zu trüben.)

*H. Hertz, 1892. 1893.* — In H. Hertz haben wir das Muster eines Naturforschers zu bewundern, der in der Physik Hervorragendes geleistet, dabei in keiner Weise den Blick für das Allgemeine verloren hat. Mit seinem Lehrer und Meister H. v. Helmholtz teilte er das Interesse für erkenntnistheoretische Fragen; so liefern denn seine Schriften erhebliche und willkommene Beiträge für eine auf dem Boden der Naturwissenschaften erwachsene Erkenntnistheorie. Als Monisten wird man Hertz schwerlich bezeichnen können, wie das Haeckel zu tun beliebt — schon das bloße Wort

„Weltanschauung“ wird man in seinen Schriften vergebens suchen. Wenn irgendwo dürfte auf ihn das Sprichwort im besten Sinne seiner Bedeutung Anwendung finden: „In der Beschränkung zeigt sich der Meister“. Wir wollen statt vieler Worte hier nur an zwei Stellen aus seinen Schriften erinnern, in denen seine Persönlichkeit in ihrer ganzen wissenschaftlichen Reinheit und Keuschheit hervortritt.

Die eine stammt aus dem Jahre 1891 und befindet sich am Ende der einleitenden Übersicht zu seinen gesammelten Arbeiten über die Ausbreitung der elektrischen Kraft<sup>1)</sup>: „Ich habe mich bemüht, in der Darstellung die Zahl derjenigen Vorstellungen möglichst zu beschränken, welche von uns in die Erscheinungen willkürlich hineingetragen werden und nur solche Elemente zuzulassen, welche nicht entfernt oder abgeändert werden können, ohne zugleich mögliche Erfahrungen abzuändern. Es ist wahr, daß durch dieses Bestreben die Theorie einen sehr abstrakten und farblosen Anblick erhält. Es befriedigt wenig, nur allgemein von „gerichteten Zustandsänderungen“ da reden zu hören, wo man gewohnt war, das sinnliche Bild der mit Elektrizitäten belegten Atome vor Augen zu haben. Es befriedigt wenig, Gleichungen als allgemeine Ergebnisse der Erfahrung hingestellt zu sehen, für welche man gewohnt war, durch längere mathematische Ableitungen einen scheinbaren Beweis zu erhalten. Ich glaube indessen, daß man ohne Selbsttäuschung aus der Erfahrung nicht viel mehr entnehmen kann, als in jenen Abhandlungen ausgesagt ist. Wünscht man der Theorie mehr Farbe zu verleihen, so ist nichts im Wege, daß man noch nachträglich der Einbildungskraft zu Hilfe kommt durch konkrete sinnliche Vorstellungen. Aber die Strenge der Wissenschaft erfordert doch, daß wir das bunte Gewand, welches wir der Theorie überwerfen und dessen Schnitt und Farbe vollständig in unserer Gewalt liegt, wohl unterscheiden von der einfachen

1) H. Hertz: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Leipzig 1892. S. 30. 31.

und schlichten Gestalt selbst, welche die Natur uns entgegenführt und an deren Formen wir aus unserer Willkür nichts zu ändern vermögen“.

Die andere Stelle findet sich in seinen nachgelassenen Prinzipien der Mechanik<sup>1)</sup>: „Einen Vorbehalt müssen wir indessen hier einschalten. Es ist gewiß eine gerechtfertigte Vorsicht, wenn wir im Texte das Gebiet unserer Mechanik ausdrücklich beschränken auf die unbelebte Natur und die Frage vollkommen offen lassen, wie weit sich ihre Gesetze darüber hinaus erstrecken. In Wahrheit liegt die Sache ja so, daß wir weder behaupten können, daß die inneren Vorgänge der Lebewesen denselben Gesetzen folgen, noch auch behaupten können, daß sie anderen Gesetzen folgen. Der Anschein aber und die gewöhnliche Meinung spricht für einen grundsätzlichen Unterschied. Und dasselbe Gefühl, welches uns antreibt, aus der Mechanik der leblosen Welt jede Andeutung einer Absicht, einer Empfindung, der Lust und des Schmerzes, als fremdartig auszuscheiden, dasselbe Gefühl läßt uns Bedenken tragen, unser Bild der belebten Welt dieser reicheren und bunteren Vorstellungen zu berauben. Unser Grundgesetz, vielleicht ausreichend, die Bewegung der toten Materie darzustellen, erscheint wenigstens der flüchtigen Schätzung zu einfach und zu beschränkt, um die Mannigfaltigkeit selbst des niedrigsten Lebensvorganges wiederzugeben. Daß dem so ist, scheint mir nicht ein Nachteil, sondern eher ein Vorzug unseres Gesetzes. Eben weil es uns gestattet, das Ganze der Mechanik umfassend zu überblicken, zeigt es uns auch die Grenzen dieses Ganzen. Eben weil es uns nur eine Tatsache gibt, ohne derselben den Schein der Notwendigkeit beizulegen, läßt es uns erkennen, daß alles auch anders sein könnte. Vielleicht wird man solche Erörterungen an dieser Stelle für überflüssig halten. In der Tat ist man auch nicht gewöhnt, sie in der

1) H. Hertz: Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Leipzig 1894. S. 45.

gewöhnlichen Darstellung der Mechanik bei den Elementen behandelt zu sehen. Aber dort gewährt die völlige Unbestimmtheit der Kräfte noch einen weiten Spielraum. Man behält sich stillschweigend vor, später etwa einen Gegensatz zwischen den Kräften der belebten und der unbelebten Natur festzustellen. In unserer Darstellung ist das betrachtete Bild von vornherein so scharf umrissen, daß sich nachträglich kaum mehr tief eingreifende Einteilungen werden vornehmen lassen.“

## 4.

*Keine „unfertige“ Weltanschauung — Methoden- und Erkenntnislehre, das geeignete und angemessene Mittel naturwissenschaftlicher Betätigung an philosophischer Mitarbeit und damit als Förderung des Geisteslebens der Gegenwart! —* Prüft man vom Standpunkt einer Methoden- und Erkenntnislehre der Physik monistische Weltanschauungs-Anwendungen einzelner Naturforscher, so drängen sich unwillkürlich Gegengedanken auf. Dem Physiker kommt zum Bewußtsein, wie außerordentlich mannigfaltig die erkenntnistheoretischen Bedürfnisse und Ansprüche von Vertretern verschiedener naturwissenschaftlicher Disziplinen sind, wie wenig übereinstimmend ihre Sprache, ihre Terminologie, wie groß infolgedessen der Zweifel, ob man den Autor richtig verstanden, wie schwer ein Verständnis — um nicht zu sagen eine Verständigung, wie vollkommen unberechenbar und verwirrend die Wirkung einer Popularisierung auf das Volk, das natürlich gar nicht in der Lage ist, sich die Möglichkeit einer Verschiedenheit wissenschaftlicher Anforderungen, die Möglichkeit einer Verschiedenheit begrifflichen Inhalts bei gleichlautender Wortbezeichnung auch nur zu vergegenwärtigen.

Wenn z. B. Verworn an die Spitze seiner Auseinandersetzungen in der erwähnten Festrede die Forderung nach hypothesenfreier Zurückführung auf bekannte Dinge — auf

ein bekanntes Prinzip stellt, so dürfte jedem einigermaßen methodisch und erkenntnistheoretisch durchgebildeten Physiker sich die Frage aufdrängen, was denn als bekannt gelten soll, welches denn das eine bekannte Prinzip ist, ob unter hypothesenfrei vielleicht „voraussetzungslos“ zu verstehen sei? Der Physiker erinnert sich an die Rolle der Hypothese, der Voraussetzung in dem wissenschaftlichen System seiner Erkenntnis; er erinnert sich an Herkunft, Rolle und Bedeutung der Prinzipie in seiner Disziplin; er denkt an die starken induktiven Strömungen der Gegenwart, welche an den Fundamentalbegriffen des Raumes, der Zeit und der Masse rütteln, welche eine stärkere und sichere Fundamentierung — also präzisere Voraussetzungen fordern, als die bisher für ausreichend befundenen.

Eine voraussetzungslose Wissenschaft ist ein Unding, und im eigentlichen Sinne des Wortes als „bekannt“ gelten kann und darf wissenschaftlich nichts — am allerwenigsten „der reiche Inhalt der Psyche“. Grillparzer sagt richtig: „Unser Erklären der Natur besteht darin, daß wir ein selten vorkommendes Unverständliches auf ein oft vorkommendes, aber ebenso Unverständliches zurückführen“. Sagte Lichtenberg vor mehr als hundert Jahren: „Es ist nicht so verdrießlich, ein Phänomen mit etwas Mechanik und einer starken Dosis von Unbegreiflichem zu erklären, als ganz durch Mechanik“ — so wird man heute vielleicht mit noch mehr Recht sagen dürfen: Es ist nicht so verdrießlich, ein Phänomen mit etwas Psyche zu erklären, als ganz durch Psyche. Es bleibt dabei: Ein wissenschaftliches Begriffssystem ist ein durch und durch gegenseitiges Bezugssystem, welches nach Art eines Gewölbes oder eines Brückenbogens sich selbst trägt — ein Begriffssystem mit rückwirkender Verfestigung.

Der moderne Monismus in seinen mannigfaltigen Gestaltungen gleicht ganz — im Gegensatz zu seinem älteren Bruder, dem Materialismus — einer lernäischen Hydra. So



mag es vollkommen aussichtslos erscheinen, ihn zu bekämpfen, da ein Halbgott wie Herkules dem modernen Bewußtsein nur in Gestalt des Übermenschen Nietzsche's zur Verfügung steht. Die fortgesetzt andauernde Neubildung immer weiterer Köpfe beruht auf einer unberechtigten Übertragung des biologischen Entwicklungsgedankens. Wie die organische Welt in beständiger Entwicklung und Erneuerung sich unerschöpflich erweist, so wird für den monistischen Gedanken — wie er auch sei — die Fähigkeit einer organischen Entwicklung in Anspruch genommen. Aus diesem Grunde darf der zu Zwecken der Weltanschauung hingeworfene Gedanke auch nicht als „fertig“ hingestellt werden — ihm würde ja sonst das Kennzeichen der Biologie: die Entwicklung genommen werden.

Und nun noch eins: Im zehnten Vortrage habe ich die Fragen nach der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme auf Grund des Materials besprochen, welches uns die Geschichte der mathematischen und physikalischen Wissenschaft an die Hand gibt. An der Hand dieser Geschichte wies die Erkenntnislehre einen überraschenden Reichtum von Beispielen und Fällen auf. Drängt sich da nicht die Frage auf: Wie ist es hier mit den Fragen der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Aufgaben — um nicht zu sagen Probleme, welche der Materialismus und Monismus aufwirft, hat auch nur ein Vertreter dieser Weltanschauungen überhaupt an die Möglichkeit der Existenz- und Eindeutigkeitsfragen gedacht? Um wieviel mehr werden diese Fragen eine Rolle spielen, wenn die Weltanschauung von vornherein als unfertig zugegeben wird!

Newton's System der Mechanik hat zwei Jahrhunderten als wissenschaftliche Grundlage der Physik gedient. Hatte man bis dahin niemals daran gezweifelt, daß in diesem System die Wirklichkeit ihre tatsächliche eindeutige Abbildung findet, so belehrt uns die neuere Forschung eines anderen — und nun wollen in flüchtigen Stunden entworfene

unfertige Weltanschauungen in Bezug auf Welt und Wirklichkeit Existenz und Eindeutigkeit beanspruchen?

Nicht unfertige Weltanschauungen, deren Entwicklung und Solidierung man wie das Heranwachsen eines Kindes der Zukunft überläßt, sondern Methoden- und Erkenntnislehre sind das geeignete Mittel, sich naturwissenschaftlich an philosophischer Mitarbeit zu betätigen und damit die innere Verständigung anzubahnen und zu fördern, die dem Geistesleben der Gegenwart not tut. Es ist nicht bloß Aufgabe, die Hindernisse dazu aus dem Wege zu räumen — und als solche Hindernisse müssen wir Materialismus und Monismus bezeichnen; es wird auch Aufgabe sein: den Boden in positiver Form vorzubereiten. Es wird mit Aufgabe der auf dem Boden der Naturwissenschaften erwachsenen Erkenntnistheorie sein, für die Naturwissenschaften das Analoge zu erstreben, was Kant als Kritik der reinen Vernunft vorschwebte — sagen wir eine Kritik der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Die Zeit scheint dazu gekommen. Die hinter uns liegende Geschichte der Naturwissenschaften, die gerade in den letzten Jahrzehnten sich vollziehenden Wandlungen möchten den Naturforscher mehr denn je dazu aufgefordert haben, Einkehr zu halten.

Ist durch die Naturwissenschaften um die Mitte des verflossenen Jahrhunderts ein Zwiespalt in das Geistesleben der Menschheit hineingekommen, so haben damit die Naturwissenschaften in erster Linie auch die Verpflichtung übernommen, diesen Zwiespalt zu lösen. Dieser Verpflichtung dürften sie am besten durch Bekanntgabe der positiven Beiträge nachkommen, welche sie zu einer allgemeinen Erkenntnistheorie zu liefern imstande sind.

Das Material, welches der Naturforscher dem Philosophen darbringen kann und muß, ist ein ganz anderes, als das jener bunten Blumen, aus denen der Materialismus und Monismus wie eine Biene ihren Honig saugen zu können glauben. Das Material ist dürrer und weniger wohlschmeckend ge-

worden, es ist für populäre Darstellungen und die Fragen der Weltanschauung auch weniger ergiebig. Um so mehr Anregung gewährt es einer philosophischen Methodenlehre und Erkenntnistheorie.

*Ähnlichkeit der vor fünfzig Jahren durch die Philosophie geschaffenen Situation mit der gegenwärtig durch Materialismus und Monismus geschaffenen Situation. H. Lotze. 1857.* — Ein Rückblick auf das Geistesleben vor fünfzig Jahren bietet bei aller Verschiedenheit mit dem heutigen Geistesleben gewisse Ähnlichkeiten dar. Damals waren es Philosophen gewesen, welche dem Einheitsgedanken eine perverse Richtung gaben, heute sind es die Monisten. Ich kann das Zutreffende dieser Auffassung nicht besser illustrieren, als durch ein Zitat aus den Streitschriften von H. Lotze in Bezug auf J. H. Fichte's Anthropologie<sup>1)</sup> aus dem Jahre 1857. Was damals Lotze gegen J. H. Fichte ausgeführt hat, das kann heute genau mit denselben Worten als gegen die Monisten gerichtet gelten. „Der Wahlspruch *Simplex sigillum veri* ist ohne Zweifel ein schöner Prüfstein für die Wahrheit dessen, was wir als höchstes Prinzip am Ende unserer Arbeit werden gefunden zu haben glauben; aber er ist ein schlechter Begleiter der Untersuchung, die erst finden will. Nur die Einfachheit ist von Wert, aus der das Mannigfache wirklich hervorgeht, sehr übel die andere, die nur gilt, wenn man die Tatsachen einfacher zuschneidet, als sie sind. Und dazu wird jeder versucht sein, der seinem untersuchenden Denken nicht ein unscheinbares Arbeitskleid anzieht, sondern in der Galatracht einheitlichen Wissens an die Sache geht. Er wird sich hüten, der Verwicklung der gegebenen Tatsachen durch alle ihre gewundenen Gänge nachzukriechen und wird all den Unrat augenblicklicher Behelfe, spezieller Hypothesen und momentaner Fiktionen<sup>2)</sup>

1) Hermann Lotze, Streitschriften. 1. Heft. In Bezug auf Prof. J. H. Fichte's Anthropologie. Leipzig 1857. S. 150 u. 151.

2) Lotze unterscheidet zwischen Fiktion und Hypothese da-

verschmähen, durch die man sich allein davor schützen kann, daß nicht während der Arbeit die Tatsachen dem Untersuchenden über dem Kopfe zusammenstürzen. Die rechte Arbeitslust des entdeckenden Gedankens hat es immer anders gehalten. Man sah bald ein, daß das zu Tage Ausgehende der Erscheinungen sich oft auf mehrerlei Wegen erklären läßt, und daß man die Entscheidung für den einzigen, der dem wirklichen inneren Nexus entspricht, gewöhnlich nur durch Beachtung der kleinen und unscheinbaren Indizien findet. Man suchte deshalb mit der äußersten Akribie diese verborgenen Details auf; man scheute sich nicht, die speziellen Voraussetzungen, die jedes derselben zu seiner Erklärung notwendig macht, zunächst in besonderen Hypothesen zu fixieren; man scheute sich auch nicht, wie barock auch immer sich alles momentan anlassen mochte, Hypothese an Hypothese zu reihen und jede geduldig bis in ihre Konsequenzen zu verfolgen. Man wußte ja, daß dies der unvermeidliche Schmutz der Arbeit war, und in dieser, nicht schon in der Feiertagsreinlichkeit der gewonnenen Einsicht, glaubte man sich zu befinden. Wohl sehnte man sich auch nach endlicher Einfachheit, aber man hoffte, daß bei unermüdlichem genauen Fortschritt allmählich das Gemeinsame der einzelnen Hypothesen hervortreten und daß eines schönen Tages sich die unübersehbar erscheinende Vielheit der einzelnen Einsichten, wie die verworrenen Glieder einer ungeordneten Gleichung, von selbst in einen einfachen eleganten Ausdruck zusammenziehen würde, in welchem kein einzelner Gewinn der Arbeit wieder verloren ginge. Daß man nicht immer in solchen Hoffnungen sich täuscht, davon kann Sie die Ge-

---

hin, daß Fiktion im Sinne des heutigen Sprachgebrauchs etwa eine Arbeitshypothese wäre, also eine lediglich für Arbeitszwecke bequeme Annahme ohne notwendig realen Hintergrund — Hypothese eine über vorübergehende Arbeitszwecke hinausgehende dauernde Annahme mit notwendig realem Hintergrunde. In diesem Sinne ist z. B. für Lotze die Atomistik keine Fiktion.

schichte der neueren Optik überzeugen. Hätte man sich, wie Sie dies so oft empfehlen, dem „überwältigenden Eindruck der allermännigfaltigsten Tatsachen“ in Bausch und Bogen überlassen, wie einfach war doch da die Sache! Was man von den Wirkungen des Lichts alle Tage so obenhin sieht, mit wie leichten Erklärungen war das wirklich schon seit Jahrhunderten besorgt! Aber wie anders ist man verfahren! Es hat mehr als einen Augenblick in der Entwicklung der Optik gegeben, wo ein so durch Einheit verwöhntes Auge, wie das Ihrige, nur barocke, ungeschickte Hypothesen, nur einen hoffnungslosen Zusammenhang gewaltsamer Einfälle, nur ein Gewimmel von Verkläusulierungen und Restriktionen in ihr entdeckt hätte. Sie hat ihre Sache siegreich durchgeführt. Ob wir in der Einsicht über den Zusammenhang des körperlichen und geistigen Lebens jemals so weit kommen werden, weiß ich nicht. Daß ich sehr weit davon entfernt bin und nur unbedeutende Steine zum Bau trage, dessen bin ich mir nie unbewußt gewesen; soll aber ein Erfolg errungen werden, so weiß ich ebenso gewiß, daß es nur auf diesem Wege geschehen wird.“

*Der philosophische Monismus dargestellt in Beiträgen seiner Vertreter, herausgegeben von A. Drews 1908.* — Der bisher von mir behandelte Monismus war der von verschiedenen Vertretern naturwissenschaftlicher Disziplinen verkündete Monismus. Wie es nun der Philosophie der Gegenwart überhaupt eigen ist<sup>1)</sup>, sich an naturwissenschaftlicher Forschung zu orientieren, so haben philosophisch interessierte Kreise der Gegenwart auch geglaubt, an dem Monismus naturwissenschaftlicher Vertreter eine Orientierung anstreben zu sollen. In diesem Monismus glaubten sie den gemeinsamen einer Einheit zustrebenden Zug der Naturwissenschaft erblicken zu müssen — in diesem Streben glaubten sie

1) A. Riehl, Zur Einführung in die Philosophie der Gegenwart. Acht Vorträge, 3. Auflage. Leipzig 1908.

bei manchen Irrungen einzelner Auffassungsweisen der Zukunft des Monismus sicher zu sein.

Nur in diesem Sinne kann es verständlich sein, wenn A. Drews in dem einleitenden Vorwort eines Sammelwerkes ganz heterogener Abhandlungen verschiedener Autoren<sup>1)</sup> von dem Versuche spricht, „die verschiedenen möglichen Auffassungsweisen des Monismus klar zu sondern, die in ihm enthaltenen Möglichkeiten bestimmt herauszustellen und jede einzelne derartige Möglichkeit von einem ihrer Vertreter, sei es in systematischer, sei es in historischer Weise oder sonst irgendwie, entwickeln zu lassen. Eine gründliche Erschöpfung des Themas oder irgendwelche Vollständigkeit wird man billigerweise bei einem Unternehmen, wie dem vorliegenden, nicht erwarten. Eine streng wissenschaftliche Behandlung des Gegenstandes war von vornherein überhaupt nicht beabsichtigt, sondern es kam vielmehr darauf an, in den Kreisen der Gebildeten das Interesse für den Monismus zu stärken und das Verständnis dieser Anschauungsweise zu befördern; darum ist auch die Darstellungsweise eine solche, daß sie möglichst von allen verstanden werden kann, die nur überhaupt sich zu dem Gegenstande hingezogen fühlen. Die Gegner des Monismus jubeln neuerdings, daß der Monismus widerlegt und seine Rolle ausgespielt sei; sie haben hierbei nur eine einzige bestimmte Art des Monismus im Auge und triumphieren über die Abfertigung, die diesem von vielen Seiten zu teil geworden ist. Aus den vorliegenden Beiträgen können sie ersehen, daß der monistische Standpunkt auch noch ganz andere Auffassungsweisen zuläßt, als diejenigen, die sie im Sinne haben, und daß der Monismus im Prinzip überhaupt nicht widerlegt werden kann, weil er unmittelbar in der Organisation des menschlichen Geisteslebens selbst begründet ist und ebenso die Voraus-

1) Der Monismus, dargestellt in Beiträgen seiner Vertreter. Bd. 1 Systematisches. Bd. 2 Historisches, herausgegeben von A. Drews, verlegt bei E. Diederichs, Jena 1908.

setzung wie das Ziel aller wissenschaftlichen Erkenntnis darstellt.“

Es ist eine durchaus eigenartige Verwertung und Übertragung des Entwicklungsgedankens, verbunden mit dem Begriff des Kampfes um das Dasein, welches diese Ausführungen charakterisiert, und gegen welche wahrscheinlich keiner mehr wie gerade Darwin Verwahrung eingelegt hätte. — Die Ausstreuung unfertiger und unreifer Ideen in den denkbar größten Mengen und Massen hat den Kampf um das Dasein im Sinne Darwins zu bestehen. Die Bekämpfung und Überwindung einer oder mehrerer dieser Ideen durch Gegner kann niemals die Position des Monismus schwächen; sie kann nur die Grundlage bestätigen, auf welche sich der Monismus aufbauen will: den Entwicklungsgedanken.

Einzelne Aufsätze und Partien dieses Sammelwerkes — losgelöst aus der Zusammenstellung, in der sie sich befinden, — erscheinen durchaus reizvoll und sympatisch. Die Eigenart des Unternehmens beruht aber gerade lediglich auf ihrer Zusammenstellung, wodurch bei der Mannigfaltigkeit der behandelten Gegenstände, welche das Sammelwerk umschließt, — rein äußerlich — der Eindruck einer größeren Einheit und Geschlossenheit hervorgerufen wird, als eine solche tatsächlich vorliegt. Diesem Eindruck entspricht es durchaus, daß eben gerade das Stichwort Monismus dabei eine ganz äußerliche, unbestimmte Rolle spielt.

Besonders bemerkenswert will mir der zweite Band der Sammlung erscheinen, der in historischer Weise von den verschiedenen monistischen Möglichkeiten, von einem Monismus Schopenhauer's, Lotze's, Eucken's, E. v. Hartmann's spricht und ihn in gesonderten Abhandlungen verschiedener Autoren behandelt. Es erscheint damit der Versuch gemacht, nicht nur die Zukunft sondern auch die Vergangenheit für den Monismus festlegen zu wollen. In diesem Umfange die Vergangenheit für eine durchaus moderne und von einseitiger

erheblicher Überschätzung keineswegs freie Bewegung des Geistesleben der Gegenwart in Anspruch zu nehmen, war ein jedenfalls bisher ungewohntes Unternehmen, und so werde ich wohl kaum allzusehr fehlgehen, wenn ich eine solche — wahrscheinlich dem Entwicklungsgedanken zu Liebe unternommene — Orientierung als eine Desorientierung, zum mindesten als eine arge, historisch nicht zu rechtfertigende Übertreibung bezeichne.

Mag das Wort Monismus bei Philosophen wie Lotze und E. von Hartmann vorkommen, diese Bezeichnung wird nichts mit der Bedeutung zu tun haben, welche ihm die heutige monistische Bewegung zu Grunde legt. Wenn ich, um nur ein Beispiel herauszugreifen, in dem Aufsatz von Alma von Hartmann über „Eduard von Hartmann's konkretem Monismus“ lese:

„Das Bestreben der Idealisten, eine monistische Auffassung dadurch herzustellen, daß sie trotz der begrifflichen Differenz von Ding an sich und Wahrnehmungsobjekt in der Gleichsetzung von Sein und Bewußtsein, Welt und Ich eine Einheit konstruieren, wird als ein auf dem Gebiet der Erkenntnistheorie durchaus ungehöriges, jedenfalls überflüssiges Verfahren gekennzeichnet. Es entspringt dies aus einer unvorsichtigen Übertragung des Ansehens, welches der Monismus in der Metaphysik genießt, auf das anders geartete Gebiet der Erkenntnistheorie. Auch in der Metaphysik kann der Monismus nicht anders als abstrakt, leer und tot ausfallen, wenn er nicht in sich einen Dualismus als aufgehobenes Moment birgt, durch dessen Zwiespältigkeit er erst seine Wesenseinheit zur inneren Mannigfaltigkeit entfaltet. Im Erkenntnisprozeß haben wir es eben nicht mit metaphysischen Prinzipien zu tun, in welchen freilich alle Zwiespältigkeit letzten Endes zur Einheit aufgehoben sein muß, sondern mit dem Gegensatz von Dasein und Bewußtsein, Sein und Wissen, Ding und Denken, Realem und Idealem, Objekt



und Subjekt, Welt und Ich, Erkanntem und Erkennendem. (E. von Hartmann, Grundproblem der Erkenntnistheorie S. 114).“ [www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

— ich sage, wenn ich diesen Abschnitt in der von Drews herausgegebenen Sammlung lese, — und ich kann hinzufügen nicht ohne Sympathie lese, so sehe ich die monistische Bewegung der Gegenwart mit dem Worte Monismus ein besonderes Spiel treiben, welches in keiner Weise geeignet erscheint, eine Orientierung wirklicher Verhältnisse unbefangen zu ermöglichen — auch nur zu einer Orientierung zu ermuntern und das Wort Monismus als Kennwort zu empfehlen. So kann ich denn nur den mir jüngst aus Anlaß meiner Rede<sup>1)</sup> über die monistische Bewegung zugegangenen brieflichen Äußerungen eines namhaften, der naturwissenschaftlichen Forschung durchaus nahestehenden Philosophen der Gegenwart zustimmen, welche von dem „monistischen Unfug“ spricht und der Freude Ausdruck gibt, „daß auch Planck<sup>2)</sup> kürzlich gegen den Phänomenalismus Stellung genommen hat.“

Die moderne monistische Bewegung hat ein an sich durchaus leeres, rein formalistisches Prinzip auf den Schild erhoben und erblickt nun in dieser leeren Form so sehr das Heil, daß die materielle Erfüllung dieser Form dagegen ganz zurücktritt. Die denkbar größten materiellen Widersprüche innerhalb des Monismus finden so ihre Erklärung.<sup>3)</sup> Die Ge-

1) Die materialistische Epoche des neunzehnten Jahrhunderts und die phänomenologisch-monistische Bewegung der Gegenwart. Rede. Leipzig und Berlin 1909.

2) M. Planck. Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Vortrag. Leipzig 1909. — Da der Titel des Vortrages unzweifelhaft seitens der Monisten Verwertung finden wird, darf ich gleich hier bemerken, daß mir eine freundliche Zustimmung zu meiner Rede seitens Planck zu Teil wurde.

3) Diese Bemerkung ließe sich reichlich durch Belege stützen. Die oberflächliche Erfüllung einer durchaus leeren Form im Monismus ergibt sich z. B. auch aus einer sehr verschiedenen Wertung

schichte der Wissenschaften dürfte aber zur Genüge erwiesen haben, daß für die Förderung unserer Erkenntnis ebensohäufig Orientierungen nach monistischen wie nach dualistischen Formen eine Rolle gespielt haben.

In der Philosophie H. Lotze's und E. von Hartmann's spielt der *Dualismus* ebenso eine formale Rolle wie der *Monismus*. Die physikalische Erkenntnis weist in ihrer Geschichte gleiche Analoga auf: ich erinnere an den Monismus Ampère's, der Magnetismus auf Elektrizität einheitlich zurückführte, und an den dann einsetzenden und viel tiefer greifenden Dualismus Maxwell's, der die Einheit der elektrischen Kraft und die Einheit der magnetischen Kraft als gleichberechtigte Größen nebeneinander einführte und beibehielt.

Der Monismus mit seiner formalen Wertung eines andere Prinzipie ausschließenden Einheitsprinzipes enthält so viele hemmende Momente für jede gesunde induktive Forschung, daß vor allem die naturwissenschaftliche Forschung nicht früh genug dagegen Stellung nehmen kann.<sup>1)</sup> Die an naturwissenschaftlicher Forschung sich orientierende philosophische Bewegung wird aber gegenwärtig mehr denn je zu beachten haben, daß der Komplex wissenschaftlicher Disziplinen, den man unter der Bezeichnung „Naturwissenschaften“ zusammenzufassen pflegt, sehr verschiedene Anforderungen und Aufgaben zu erfüllen hat, daß die Physik aber bisher wenigstens immer als in gewissem Sinne grundlegend für Fragen der Systematik und Methodik der Naturwissenschaften gegolten hat. Gerade die Physiker der Gegenwart dürften aber so gut wie einstimmig sich dagegen verwahren den „monistischen Unfug“ mitzumachen.

Kant's, der bald als Antimonist (Haeckel 1892), bald als Monist behandelt wird. Die ebenso flache Handhabung des Entwicklungsgedankens verhilft weiter dazu, alle Erscheinungen als dermaleinst in dem monistischen Gedanken auslaufend anzusehen.

1) Ich habe dagegen bereits in der ersten Auflage dieser Grundzüge 1896 Stellung genommen.

Ich möchte im Hinblick auf den monistischen Formalismus diese Betrachtung mit einem Satz von Kant's Kritik der reinen Vernunft schließen: „Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind.“

## 5.

*Beziehungen zur Wirtschaftslehre.* — Nachdem wir so unter Ablehnung einer materialistischen und monistischen Verwertung der Naturwissenschaften auf die Quellen hingewiesen haben, durch welche die Naturwissenschaften Beiträge zu einer allgemeinen wissenschaftlichen Methodenlehre zu liefern imstande sind, nehmen wir die Frage auf, inwiefern die Naturwissenschaften geeignet erscheinen möchten, anderen Wissenschaften nach Terminologie und Begriffsbildung Anregung und Förderung zu gewähren. Tatsache ist, daß die Naturwissenschaften auf den verschiedensten Gebieten menschlichen Wissens nicht ohne Einfluß geblieben sind. Aber es ist zu betonen, daß sie diesen Einfluß nicht beabsichtigt hervorgerufen haben. Wie hätten sie es auch tun können? — steht ihnen auf fremden Gebieten doch keine Gewalt zu. Nein, dieser Einfluß ist ihnen bis zu einem gewissen Grade von außen zugestanden worden.

Es liegt in der Natur der Sache, daß dadurch Mißstände hervorgerufen werden konnten. Ist es schon für den Naturforscher keine kleine Arbeit gewesen, sich in den Geist naturwissenschaftlicher Terminologie und Begriffsbildung hineinzuarbeiten, wieviel schwieriger muß für den Laien der Versuch liegen, diese Hilfsmittel sich anzueignen und vollends auf fremden, von den Naturwissenschaften fernab liegenden Gebieten zu verwerten, wieviel Mißverständnisse und Irrungen konnten dabei unterlaufen. Nicht mit Unrecht bemerkt Stammler<sup>1)</sup> solchen Versuchen gegenüber: „Der

---

1) R. Stammler, *Wirtschaft und Recht nach der materialistischen Geschichtsauffassung*. Leipzig 1896. S. 350.

souveränen Herrscherin der Wissenschaft von der Natur konnte das gleichgültig sein, sie behielt ihre Sprache und ihren Geist unverfälscht für sich. Mochten die abhängigen Völker, die sich selbst zur Untertänigkeit angetragen hatten, zusehen, wie sie in ihren Ländern mit den übersetzten fremden Hilfsmitteln sich abfanden.“

Anders liegt die Sache bei dem Versuch einer etwaigen Übertragung erkenntnistheoretisch sich ergebender Methoden auf die Bearbeitung anderer Gebiete. Hier habe ich den einschlägigen methodischen Untersuchungen von Mill und Buckle meine teilweise Zustimmung nicht versagen können. Mill und Buckle hatten beide die richtige Empfindung, daß naturwissenschaftliche Methoden ihre besondere Bedeutung für die Aufdeckung der allgemeinen Erkenntnisse hätten, es waren in erster Linie aber weniger naturwissenschaftliche wie volkswirtschaftliche Studien, welche sie zur Verfeinerung und Ausbildung erkenntnistheoretischer Methoden und ihrer Darstellung befähigten. Sie erkannten die Analogie mit den naturwissenschaftlichen Methoden, aber z. B. Buckle zeigt sich in der Ausführung dieser Analogie dem Verständnis der Naturwissenschaften nicht immer gewachsen; um so überraschender ist oft die Gewandtheit, mit der er die einschlägigen Methoden innerhalb seiner Arbeitssphäre handhabt.

Ich halte den Gegenstand für wichtig und instruktiv genug, um darauf noch besonders einzugehen.

*J. St. Mill, System of logic, ratiocinative and inductive, being a connected view of the principles of evidence and the methods of scientific investigation. London 1843. 2 ed. 1846.* — Für Mill waren ähnlich wie bei dem gleich weiter zu behandelnden Th. Buckle, politische und volkswirtschaftliche Studien der Ausgangspunkt, sich naturwissenschaftliche, insbesondere physikalische Anschauungen anzueignen, um mit ihrer Hilfe rückwärts in politische und volkswirtschaftliche Erscheinungen einen tieferen Einblick zu gewinnen. Er betrachtet ge-

radezu die Methoden der Physik als die geeigneten Muster für die Politik. Die Verbindung beider Studien brachte Mill's Logik zur Reife<sup>1)</sup>, von der ein Naturforscher wie Liebig<sup>2)</sup> bezeugt hat, daß sie ihm von großem Nutzen gewesen ist — und dies, obwohl Mill doch in Dingen der Naturwissenschaft nur ein Dilettant war.

Von seinem Vater und Hobbes lernt er, abstrakte Prinzipien an der Hand der besten konkreten Beispiele studieren, die er finden kann und so fällt ihm ein, daß die Zusammensetzung der Kräfte<sup>3)</sup> den vollständigen Beleg für den logischen Prozeß geben dürfte, dem er nachforscht. Als er 1837 nach fünfjähriger Unterbrechung seine logischen Studien, in denen er bis zur Schwelle der Induktion gekommen war, wieder aufnimmt, teilt er mit: „es war mir allmählich klar geworden, daß mir zur Bewältigung der Schwierigkeiten in diesem Teile meiner Aufgabe ein umfassender und zugleich genauer Überblick über den ganzen Kreis der physikalischen Wissenschaften abging, den ich nur durch ein langes Studium erringen zu können fürchtete.“

*H. Th. Buckle, History of Civilisation in England. London. Bd. 1 1857, Bd. 2 1861.* — Sehr geeignet zur Besprechung

1) J. St. Mill's Selbstbiographie. Aus dem Englischen von Dr. Carl Kolb. Stuttgart 1874. Für das Folgende besonders Seite 137, 132, 173.

2) Man sehe das Vorwort des Übersetzers in: J. St. Mill's System der deduktiven und induktiven Logik. Eine Darlegung der Prinzipien wissenschaftlicher Forschung, insbesondere der Naturforschung. Deutsch von J. Schiel Braunschweig. 4. Auflage 1877, S. XIV., 1. Auflage 1849.

3) Es wird für den naturwissenschaftlichen Laien von Vorteil sein, darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß die Terminologie „Satz vom Parallelogramm der Kräfte“ ebenso wenig glücklich ist, wie Mill's Terminologie von der „Zusammensetzung der Ursachen“. Es handelt sich nicht darum, Kräfte oder Ursachen zusammenzusetzen, sondern vielmehr die Äußerungen und Wirkungen der Kräfte oder Ursachen zusammenzusetzen. Kräfte und Ursachen wirken stets für sich getrennt fort.

der hier einschlägigen Verhältnisse erweist sich das bekannte Werk von Buckle: „Geschichte der Zivilisation in England.“ [www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

Das Werk ist bekanntlich ein Torso geblieben; es erschien vor fünfzig Jahren und erregte damals ein außerordentlich großes Aufsehen. Wenn man heute von diesem Werke weniger spricht, so liegt es mit daran, daß dieses Werk bei vielem höchst Beachtenswertem, was es bietet, in manchen Punkten weit über das Ziel hinausgeschossen hat. Das ist ja häufig für große Leistungen charakteristisch, daß die Urheber durch die Erfolge berauscht — ich meine hier mehr die inneren wie die äußeren Erfolge — die Tragweite ihrer Gedankenrichtung und damit ihres Könnens überschätzen.

Buckle war kein Naturforscher, aber er war ein äußerst universell gebildeter und veranlagter Mann, der die Naturwissenschaften voll auf sich wirken ließ, soweit als das für ihn als Laien möglich war. Ihm imponierte die Strenge und Methodik, mit der die Naturwissenschaft ihre Objekte bearbeitet; sie imponierte ihm so sehr, daß er sich die Lebensaufgabe stellte, die Methodik und Behandlungsweise der Naturwissenschaften auf andere Gebiete menschlichen Wissens zu übertragen: auf Geschichte und Nationalökonomie.

Soweit, glaube ich, können wir ihm folgen und wenigstens in seiner Tendenz zustimmen. Aber nun ging er weiter. Ihm imponierte in den Naturwissenschaften die Allgewalt der Naturgesetze. Wie dem Naturforscher als letztes Ziel die Aufdeckung von Gesetzen vorschwebt, welche die Natur (ohne Ausnahmen zuzulassen) beherrschen, so schwebte ihm als höchstes Ziel vor, nach dem Schema der Naturgesetze historische Gesetze aufzustellen, mit einem Wort: aus der Geschichtswissenschaft eine Naturwissenschaft zu machen.

Dieses letzte Ziel war verfehlt. Die Geschichtswissenschaft hat ihr gesondertes Isolationszentrum: das ist die Geschichte, ebenso wie die Naturwissenschaft ihr gesondertes

Isolationszentrum hat: die Natur. Es taugt nichts, solche getrennte Interessenskreise, die sich wesentlich in getrennten Isolationszentren äußern, vermengen zu wollen. Nach dieser Richtung hat denn auch Buckle's Geschichte der Zivilisation in England von Historikern wie Droysen ihre berechtigten Angriffe erfahren. Aber damit schienen die Vorzüge des Buckle'schen Werkes mit Unrecht in den Schatten gestellt.

Buckle hätte in den Naturgesetzen mehr das Begriffliche sehen sollen und von diesem Standpunkte naturwissenschaftliche und historische Begriffe vergleichen sollen; diese Aufgabe wäre vielleicht angemessen gewesen.

Das Verdienst Buckle's reicht soweit, als er naturwissenschaftliches Denken als eine allenthalben berechnete Form des Denkens z. B. für das nationalökonomische Gebiet zur Anwendung bringt. Man wird auch hier innerhalb der berechtigten Grenzen der Anwendung Einwendungen erheben können, aber das hindert mich nicht, die Form seiner Betrachtungsweise nach mancher Seite geradezu als muster-gültig hinstellen zu können. Ebenso wenig wie die Anwendung der Logik Fehler und Irrtümer ausschließt, kann auch bewußtes naturwissenschaftliches Denken solches ausschließen, aber der nicht zu unterschätzende Vorteil ist der, daß z. B. die Handhabung der Isolation und Superposition den Fehler leichter aufdecken, erkennen und berichtigen lehrt. Buckle hebt die Form des Denkens, welche ich mit Isolation und Superposition bezeichne, nicht als solche bewußt und durchgehend hervor, aber er bewegt sich vollständig in ihnen und charakterisiert sie gelegentlich ganz richtig.

Diese innere Übereinstimmung mit naturwissenschaftlichem Denken ist bei Buckle um so interessanter, als gerade die physikalischen Beispiele, an denen Buckle seine Denkungsweise erläutern will, für seine Zwecke entweder wenig geeignet und so auch wenig präzise ausgedrückt oder sogar ungeschickt geschaffen erscheinen. Die Klarheit seines Den-

kens und seiner Methode, die Durchsichtigkeit seiner Behandlung innerhalb seines eigenen Arbeitsstoffes steht in keinem Verhältnis zu den unklar auseinandergesetzten mathematischen und physikalischen Beispielen, durch welche er die Berechtigung seiner Darstellung zu erweisen sucht. Buckle beherrscht eben die Naturwissenschaft nach der mathematischen und physikalischen Seite nicht. Vielleicht ist darin der Ursprung seines Fehlers, den ich vorhin berührt, mit begründet; wer ein Gebiet nicht beherrscht, der kennt auch nicht seine Grenzen!

Es sind naturwissenschaftlich und mathematisch durchaus dunkle und unklare Beispiele, welche der hervorragenden und Buckle's Individualität so scharf kennzeichnenden Stelle vorangehen, mit der wir uns beschäftigen wollen — der Stelle im zwanzigsten Kapitel, in welcher die Werke von A. Smith über die „Theorie der sittlichen Gefühle“ und über den „Nationalreichtum“ in Beziehung zu einander gesetzt werden.

Sittliche Gefühle und Egoismus großer Massen sind nach Buckle in unserer Ausdrucksweise die Isolationselemente, deren Wirkungen einander superponieren. Wenn Lexis<sup>1)</sup> darauf aufmerksam macht, daß menschliche Motive sich nicht addieren und subtrahieren lassen, sondern schon durch ihr Zusammenwirken anders werden, als sie für sich sind, so zeigt er damit, daß ihm das Superpositionsprinzip in Buckle's Verwertung entgangen ist. Es handelt sich bei Buckle gar nicht darum, sittliche Gefühle und Egoismus zu addieren und zu subtrahieren, es handelt sich vielmehr darum, die Wirkungen beider zusammzusetzen. Und wenn Lexis bei seinem Einwand an das einzelne menschliche Individuum denkt, berücksichtigt er nicht, was Buckle

---

1) Lexis. Die französischen Ausfuhrprämien 1870. S 5. Ich habe die Stelle aus F. A. Lange's Geschichte des Materialismus kennen gelernt. (II. S. 563, 5. Aufl. Leipzig 1896.)



über die Verwertung großer Zahlen im Gegensatz zu kleinen Zahlen und zum Individuum beigebracht hat.

Zu einer weiteren Er widerung fordert die Bemerkung von Lexis heraus, daß Prozesse, die sich *à la longue* vollziehen, einer besonderen Untersuchung bedürfen. Ich erinnere daran: Superposition ist die Zusammensetzung oder Übereinanderlagerung gleichzeitig stattfindender Wirkungen von Isolationselementen. Aber das gleichzeitig wirkliche Neben- und Übereinander hindert doch nicht eine zeitliche wissenschaftliche Behandlung nacheinander, wie sie die physikalische Denkform der Isolation und Superposition an die Hand gibt.

Zur Erläuterung diene das von Lexis herangezogene Beispiel: Die Gravitation des Mondes gegen die Erde und die Trägheit des Mondes lassen sich nach einander einer Besprechung unterziehen; die wirkliche Bewegung des Mondes resultiert daraus mit Hilfe der Superposition beider Bewegungen, bzw. Bewegungstendenzen. Die Möglichkeit der einzelnen Behandlung der Superpositionselemente scheint Lexis zu verwechseln mit einer Vorstellung der Möglichkeit, die während endlicher Zeiten getrennte Wirkung von Gravitation und Trägheit zu vertauschen mit den wirklich gleichzeitig vereinten Bewegungstendenzen — eine Vorstellung, die er selbst *ad absurdum* führt.

Ich besitze nun zu wenig nationalökonomische Kenntnisse, um beurteilen zu können, inwieweit die von Buckle den Werken A. Smith's entnommenen Begriffe „sittliche Gefühle“ und „Egoismus“ als Isolationselemente richtig gewählt sind. Die Kontrolle dafür, daß sie nationalökonomisch als solche zu verwerten sind, läge eben darin, daß die faktisch vorgenommene Superposition der Erfahrung entspräche. Auch schon eine näherungsweise Übereinstimmung würde im Sinne naturwissenschaftlichen Denkens die Berechtigung der Buckle'schen Behandlung erweisen. Aber das kann ich sagen, daß Einwendungen gegen die Buckle'sche Be-

trachtungsweise anders erhoben werden müßten, als dies von Lexis geschehen ist.

Buckle und Lexis berufen sich beide zur Erläuterung auf physikalische Erscheinungen und ihre Analyse, ohne beides zu beherrschen; aber Buckle denkt innerhalb seiner Materie naturwissenschaftlich ganz richtig. Buckle's Werk ist trotz aller Mängel ein Beispiel dafür, wie naturwissenschaftliches Denken sich selbständig auf anderen Gebieten entwickeln kann. Wieviel Anregung könnte aber erst naturwissenschaftliches Denken gewähren, wenn es bewußt als solches auf fremde Gebiete mit aller der Vorsicht angewandt wird, welche wirkliche Tiefe naturwissenschaftlicher Bildung zeitigen kann!

Es soll ja die Komplikation der menschlichen und geistigen Verhältnisse keineswegs bestritten werden, aber es muß entschieden bestritten werden, daß die Naturwissenschaften mit besonders einfachen Verhältnissen zu tun haben; eben darum können aber auch die Naturwissenschaften vorbildlich Anregung geben, wie man durch geeignete Formen des Denkens komplizierte Verhältnisse geistig beherrschen kann. Der Vorsprung der Naturwissenschaften liegt heute darin, daß es den Naturwissenschaften verhältnismäßig leicht fällt, sich ihren Objekten als rein äußeren entgegenzustellen. So lange die Naturwissenschaften mit einem inneren Verhältnis zwischen Geist und Natur arbeiteten, war ihr Fortschritt gehemmt.

*Isolation und Superposition in der Hand der Staatskunst.* — Soweit ich mit meiner Erfahrung hervortreten darf, bietet mir allenthalben in der äußeren Wirklichkeit, in Wissenschaft und Kunst, in Staat und Kirche das Streben nach Isolation und Superposition die Mittel, zu orientieren und zu begreifen. Wo ich bedeutende Leistungen erblicke, da erkenne ich die vielleicht unbewußte Verwertung der hervorgehobenen erkenntnistheoretischen Hilfsmittel, da gelingt es mir, jene mit diesen präziser zur Darstellung zu bringen.

Man wende nicht ein, daß diese logischen Hilfsmittel grobe, mechanische seien, sie sind bei richtiger Handhabung keineswegs mechanische, sondern in hohem Grade organische. Auch ein einzelner Organismus weist in sich eine Reihe von Isolationselementen auf, als solche können wir z. B. die einzelnen Sinne und Körperteile mit ihren bestimmten Funktionen betrachten, aber in ihren Wirkungen überdecken sich alle; die Superposition aller Funktionen der einzelnen Organe ist für die Auffassung des Gesamtorganismus wesentlich.

Es ist ein bekanntes altes Bild, den Staat mit einem Organismus zu vergleichen — ich erinnere an die alte Fabel des Menenius Agrippa, mit der er die Plebejer gewann: Die Glieder des Körpers wollten nicht mehr arbeiten; sie meinten, der Magen hätte es besser, sie beneideten den Magen um Pflege und Kost, die sie ihm durch ihre Arbeit zuzuführen hätten, aber schließlich mußten sie einsehen, daß ohne Magen auch sie nicht lebenskräftig und gesund erhalten werden könnten.

Naturwissenschaftlich neueren Datums ist der Nachweis, daß sich der Vergleich des menschlichen Organismus mit dem Staat bis ins Kleinste durchführen läßt:<sup>1)</sup> „Ein vielgebrauchtes älteres Bild vergleicht die Gesamtheit von Gehirn, Rückenmark und Nerven mit einem reichverzweigten Telegraphensystem, in welchem die Nervenfasern als die Leitungsdrähte, die Nervenzellen als die End- und Zwischenstationen funktionieren. Dies Bild dürfen wir nicht streng nehmen, denn es fehlt dem Nervensystem jener Charakter des Geschlosseneins, wie er einem arbeitenden Telegraphensystem notwendig zukommt. Ein zutreffenderes Bild haben wir in der Verwaltung eines größeren Landes, bei welcher zahlreiche Behörden in bestimmter Gliederung einander bei-

---

1) W. His, Über den Aufbau unseres Nervensystems. Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. 65. Versammlung zu Nürnberg. September 1893. S. 55.

und übergeordnet sind. Wohl sendet eine Ortsbehörde in gegebenem Falle ihre Depesche nach der übergeordneten Instanz, um sich Verwaltungsbefehl zu erbitten. Allein die Antwort erfolgt nicht durch einfache Umschaltung einer Leitung, sie ist das Ergebnis einer besonderen Verarbeitung innerhalb der Oberbehörde. Oberbehörden, Zwischen- und Unterbehörden umfassen mehr oder minder umfängliche Bureaus mit Beamten ungleicher Stellung. Die Umwandlung einer Meldung in einen Befehl verknüpft sich mit verschiedenen Nebenvorgängen, mit Protokollierungen, mit Vergleichung von Präzedenzfällen, mit Rücksichtnahme auf gleichzeitige Vorgänge, mit ausgleichenden Nebenbefehlen an andere Unterbehörden u. a. m. Das Endergebnis einer Entscheidung wird durch augenblickliche Stimmungen der beanspruchten Behörde, durch vorangegangene oder gleichzeitige Befehle höher stehender Behörden beeinflusst werden und was dergleichen Umstände mehr sind.“

Die Betrachtung des Organismus, den wir Staat nennen, läßt leichter die Formen der Isolation und Superposition durchweg erkennen, die uns naturwissenschaftlich vorbildlich vorschweben. Werfen wir einen kurzen Blick auf diesen Gesamtorganismus, den wir Staat nennen: In patriarchalischen Zeiten wies dieser Organismus nur eine geringe Anzahl isolierter Organe auf, entsprechend der geringen Zahl der Aufgaben, welche sich die menschliche Gesellschaft stellte, entsprechend der geringen Zahl ihrer Bedürfnisse. Mit steigender Entwicklung der Kultur wuchsen die Interessen und die Bedürfnisse; dies drängte zur Schaffung neuer Organe, neuer Isolationselemente. Die einzelnen Organe: Ministerien, Verwaltungsabteilungen, Parlamente haben zwar jedes ihren besonderen Wirkungskreis, doch müssen sie sich zum Wohlbefinden des Staates in ihren Wirkungen harmonisch superponieren. Erscheint ein solches harmonisches Zusammenwirken ausgeschlossen, dann sind die Isolations-elemente oder ihre Wirkungskreise falsch gebildet; es muß

vielleicht durch Verschmelzung zweier bisher getrennter Zentren mit einem neuen Isolationszentrum ein Versuch gemacht werden, oder es muß ein Isolationszentrum als unberechtigt unterdrückt werden. Die im staatlichen und geschichtlichen Leben auftretenden Reaktionen bilden von selbst neue Isolationselemente; eine weise Staatsregierung wird solchen Reaktionen durch zeitige Bildung von Isolationszentren zuvorzukommen wissen.<sup>1)</sup>

1) Unter anderen Proben, welche das Bedürfnis von Staatsmännern rechtfertigen, eigene Ideen an naturwissenschaftlichen Anschauungen zu erläutern, mögen hier Stellen aus Reden Bismarck's eine Aufnahme finden. Die Stellen, um deretwillen die Zitate hauptsächlich erfolgen, sind gesperrt gedruckt.

In der Sitzung des norddeutschen Reichstages vom 24. Mai 1870 sagt Bismarck: „Wir ziehen nach Möglichkeit die Diagonale der Kräfte, die tatsächlich vorhanden sind; wird die eine Kraft größer, dann bekommt die Diagonale eine andere Richtung.“

In der Sitzung des deutschen Reichstages vom 19. April 1871 führt Bismarck aus: „Ich weiß nicht, was die Herren bewegt, den Bundesrat in den gesetzgebenden Faktoren nicht mitzuzählen; die Verfassung weist ihm die volle Gleichberechtigung an, und wenn ich sage, er wiegt schwerer als ein gewöhnliches Erstes Haus, so ist das, weil es zugleich ein Staatenhaus im vollsten Sinne des Wortes ist, in viel berechtigterem Sinne, als was man gewöhnlich Staatenhaus nennt, was z. B. in der Erfurter Verfassung Staatenhaus genannt wurde. Dort stimmte im Staatenhaus nicht der Staat, sondern das Individuum ab; es war Jemand ernannt worden — ich weiß nicht, ob auf Lebenszeit oder auf limitierte Dauer — aber ich erinnere mich genau, er stimmte nicht nach Instruktionen, sondern nach seiner Überzeugung ab. So leicht wiegen die Stimmen im Bundesrat nicht; da stimmt nicht der Freiherr von Friesen, sondern das Königreich Sachsen stimmt durch ihn; in dem Votum ist die Diagonale aller der Kräfte enthalten, die in Sachsen tätig sind, um das Staatswesen zu bilden; es ist das Votum der sächsischen Krone, modifiziert durch die Einflüsse der sächsischen Landesvertretung, vor welcher das sächsische Ministerium für die Vota, welche es im Bundesrat abgeben läßt, verantwortlich ist.“

## ZWÖLFTER VORTRAG.

**Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart, insbesondere zum Entwicklungsgedanken. Bildungsfragen. Unterrichtsfragen.**

### I.

*Der Entwicklungsgedanke und sein Ursprung in der Entwicklung des menschlichen Lebens.* — Alle meine Vorträge sind von dem Bestreben beseelt, die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, ihrer Lehre und Form zur Darstellung zu bringen. So würde meinem Unternehmen, die erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften in ihren Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart zu veranschaulichen, eine offenkundige Lücke anhaften, wollte ich nicht den Entwicklungsgedanken in den Kreis meiner Betrachtungen aufnehmen — und das um so mehr, als heute der Entwicklungsgedanke eine so große Rolle in allen Wissenschaften spielt. Dazu kommt, daß sich die noch anzustellenden Erörterungen, die von den vorher entwickelten Grundgedanken beherrscht sind, organisch in ihn einfügen.

Von vornherein wird aber darauf hinzuweisen sein, daß die Wichtigkeit des Begriffs der Entwicklung Mißbrauch nicht ausschließt. Um so angemessener wird es sein, sich Ursprung und Herkunft des Entwicklungsgedankens zu gegenwärtigen: Wir finden beide in der Tatsache der Entwicklung des menschlichen Lebens. Beginnen wir unter diesem Gesichtspunkte mit einer Darstellung der geistigen Entwicklung des menschlichen Lebens und behandeln im speziellen: die Kindheit, die Lehrzeit, die Betätigung im Leben, in der Wirklichkeit.

*Die Kindheit.* — Das Kind sieht sich einer bunten Mannigfaltigkeit gegenüber, mit der es zunächst nichts anzufangen weiß, erst allmählich beginnen gewisse Erscheinungen, Personen und Gegenstände insbesondere durch wiederholtes Auftreten sein auswählendes, besonderes Interesse in Anspruch zu nehmen. Durch diese Isolation einer Erscheinung aus einer Reihe anderer wird jegliche Begriffsbildung eingeleitet, die Bezeichnung, das Wort der Muttersprache für die Erscheinung von den Eltern beigebracht. Eine solche einzelne Begriffsbildung findet in jedem Fall ihren vorläufigen Abschluß darin, daß die wiederholt auftretende Erscheinung eine Vorstellung auslöst, welche das Kind zum Aussprechen des Wortes veranlaßt, und daß umgekehrt das gesprochene Wort das Kind veranlaßt, die Erscheinung irgendwo zu suchen. Diese Wechselwirkung zwischen Erscheinung und Wort sowie zwischen Wort und Erscheinung ist es lediglich, welche die Begriffsbildung ausmacht und nötigenfalls korrigiert. Die Erscheinung wird bei aller Mannigfaltigkeit, wie sie bei der Wiederholung auftritt, in der Vorstellung, im Geiste des Kindes von Nebensächlichem, Unwesentlichem befreit und gereinigt, nur das Wesentliche, die Hauptsache findet Beachtung und Berücksichtigung.

Ein Kind bildet bei der Erlernung der Muttersprache in Verbindung mit den Erscheinungen der Außenwelt diese Fähigkeit zu abstrahieren und zu isolieren in einer Intensität aus, wie sie für das ganze spätere Leben geradezu als Vorbild und Muster dienen kann und dienen sollte. Die Anleitung, welche dem Kinde durch die Muttersprache zu dieser Abstraktions- und Isolationsfähigkeit geboten wird, soll nicht unterschätzt werden, aber doch müssen wir gestehen, tritt sie stark zurück gegenüber der eigenen Tätigkeit des Kindes, die wir als in hohem Grade produktiv veranschlagen müssen. Die geistige Entwicklung des Menschen zeitigt im Kindesalter die schönsten Früchte, und könnten

wir sie dauernd weiter auf dieser Höhe erhalten, dann wäre das Problem der Erziehung unter weiser Rücksicht auf die zartesten Keime der Individualität nach einer Seite gelöst. An ihr sind die Sinnesempfindungen in einem Grade beteiligt, die mehr als genügend die Auffassung Sir W. Thomson's (Lord Kelvin) von den Sinnen als den „Eingangspforten der Erkenntnis“ rechtfertigt. Die Wechselwirkung zwischen Sinnesempfindung und begrifflicher Vorstellung, welche die Begriffsbildung einleitet und dadurch rückwärts die Sinne übt und zu ihren Zwecken gebrauchen lehrt, ist in hohem Grade geeignet, jene Harmonie zwischen Leib und Seele anzubahnen, welche uns gegenwärtig in unerreichbarer Ferne als Ideal vorschweben mag.

*Die Lehrzeit.* — Diese in sich durchaus harmonische Entwicklung des Kindes erleidet nun eine jähe Störung, wenn es sich weiter darum handelt, nach der äußeren Auffassung des gewöhnlichen Lebens dem Kinde den Bildungstoff mit all seinen Hilfsmitteln zu überliefern, welcher dazu dient, den Eintritt in das Leben vorzubereiten, welcher die Bedingungen schaffen soll, als wirklich nützlichem Glied an der Arbeit und den Aufgaben des Menschengeschlechts teilzunehmen. Es kann sich ein jeder nach seinen Anschauungen das Ideal einer Schule ausdenken, welches er will, daran wird nichts geändert werden, daß sich das Kind plötzlich einem fremden, geschlossenen Ganzen gegenüber gestellt sieht, dem die bunte Mannigfaltigkeit mit ihren fördernden Wechselbeziehungen fehlt, in der es bisher aufgewachsen und an die es mit Interesse anknüpfen konnte. Eine weise Erziehung wird diesen Übergang durch Anschauungsunterricht mildern, verwischen darf sie ihn gar nicht, das ist in der Natur der Sache begründet.

Uns interessiert nun wieder die innere Auffassung der zweiten Entwicklungsstufe. Mag der bisherigen Entwicklung des Kindes in Familie und Haus der Preis der Harmonie



zuerkannt werden, sie trägt in sich keine Keime zu großen hervorragenden Leistungen, und so haben wir als die nächste Forderung für die innere Entwicklung, welche in die Schulzeit fällt, vor allem die Erziehung des Willens aufzustellen. Es handelt sich um die Ausbildung der Fähigkeit, das Denken durch das Wollen und das Wollen durch das Denken lenken und leiten zu lassen. Es handelt sich um die Ausbildung jener Willensstärke, welche dazu erforderlich ist, den Geist längere Zeit auf einen und denselben Gegenstand zu konzentrieren, ohne sich durch fremde, äußere Einwirkungen davon ablenken zu lassen. Das Ziel dieser Schulung ist, wenigstens in einzelnen Fällen, die Vertiefung in einen Gegenstand soweit zu treiben, daß die wohltätige Rückwirkung zum Bewußtsein kommt, welche das Denken auf das Wollen auszuüben fähig ist.

Dieser Gesichtspunkt wird notwendigerweise die Wahl der Unterrichtsgegenstände bedingen, welche die Möglichkeit zu gewähren scheinen, auch jenes Ziel zu erreichen. Die Gegenstände werden der Individualität des Kindes nahe gebracht werden müssen; eine unzweckmäßige Wahl kann den guten Willen des Kindes auch in Widerwillen wandeln, welcher es ablehnt, sich in den aufgedrungenen Gegenstand zu vertiefen.

So wenig wir diese zweite Entwicklungsstufe in ihrer Bedeutung für das Leben unterschätzen dürfen, sie weist im Verhältnis zur ersten Stufe einen Mangel auf, der in der Natur der Sache begründet ist: die eigene Tätigkeit des Kindes, die sich wesentlich in einer abstrahierenden und isolierenden Tätigkeit äußerte, verliert hier die produktive, individuelle Richtung, welche sie dort auszeichnete. Es wird der Tätigkeit des Kindes ein fremder, geschlossener, innerlich durchgearbeiteter Stoff zur Aneignung überwiesen, in dem das Geschäft der Abstraktion und Isolation im wesentlichen schon vollzogen ist, und den es zu reproduzieren hauptsächlich doch immer wieder nur ankommen

kann. Der Stoff, um dessen Aneignung es sich handelt, ist viel zu umfangreich und ausgedehnt, als daß von einer tieferen, inneren Verarbeitung seitens des Kindes die Rede sein könnte; es wird hier Gelegenheit zur Ausbildung einer Geisteskraft gegeben, die man Gedächtnis nennt, deren Wert im wesentlichen darin besteht, die Möglichkeit innerer Verarbeitung und Aneignung auf spätere Zeit zu verschieben. Wenn zu irgend einer späteren Zeit der seit der Kindheit schlummernde Trieb erwacht, eigene Arbeit durch Abstraktion und Isolation vorzunehmen, dann liefert das Gedächtnis, die Erinnerung willig Beiträge zu dem Material, an welchem die Vornahme des Isolationsprozesses geeignet erscheint.

*Die Betätigung im Leben, in der Wirklichkeit.* — Ich habe die dritte und letzte Entwicklungsstufe im Leben des Menschen zu kennzeichnen. Aus dem Kinde ist ein Jüngling geworden; der Jüngling tritt nun ins Leben und soll zum Manne reifen. Bedurfte die erste Stufe der Anleitung, die zweite der Erziehung durch Schule und Haus, so enthält diese dritte Entwicklungsstufe die ernste Forderung der Selbsterziehung und Selbstzucht.

Die Schule hat das Bild einer in sich geschlossenen Bildung gezeitigt, in ihr soll der Jüngling zunächst den Anhalt finden, wenn ihm nun im Leben wieder die bunte Mannigfaltigkeit entgegentritt, die in mancher Hinsicht, wenn auch in ganz anderer Weise, an die erste Stufe der Kindheit erinnert. Ohne die Anleitung, die Erziehung, die hinter ihm liegt, würden dem Jüngling die Gaben fehlen, welche nun einmal zur Orientierung in diesem Leben nötig sind. Es wäre ein Irrtum, wollte man diese Gaben als schon ausgebildet ansehen; auf gleicher Stufe und wohl auch innerlich durcheinander bedingt würde der Irrtum stehen, daß die gewonnene Bildung nun auch für das Leben, für die Welt eine geschlossene sei.

Es ist hiermit die große Klippe angedeutet, an der die

weitere Entwicklung der großen Mehrzahl der Menschen scheitert, das Kriterium, welches die Geister scheidet und ihnen ihre Stellung im Einfluß auf die höheren Ziele der Menschheit anweist. Die einen betrachten eben ihre Bildung als im wesentlichen abgeschlossen, ihre Entwicklung kann dann auch im wesentlichen als durch die zweite Stufe beendet angesehen werden. Die anderen betrachten ihre Bildung als ungeschlossen, steter Erweiterung und Veränderung fähig, ihre Entwicklung bewegt sich in der dritten Stufe, ohne auch nur den Wunsch eines Abschlusses zu hegen. Den einen erscheint nach dem Bilde der geschlossenen Bildung, welche sie empfangen haben, das Leben und die Welt auch wirklich als ein Ganzes, das sie als solches auf Grund ihrer Bildung nicht allein erfassen zu müssen, sondern auch erfassen zu können meinen. Den anderen erscheint es als eine Summe von Kräften und Wirkungen, über welche der Einzelne sich nur bis zu einem gewissen Grade Übersicht und Kenntnis zutrauen darf, während er sich darüber hinaus fremdem, sachkundigem Urteil anzuschließen gedrungen fühlt. Auf der einen Seite das Trugbild der Kongenialität von Denken und Sein mit allen ihren Gefahren, welches großen vorhandenen Geistesströmungen ein Verständnis schon aus dem Grunde nicht abgewinnen kann, weil ihm dadurch das Bild des Ganzen zerstört erscheint. Auf der anderen Seite das Bewußtsein, daß bei dem gegenwärtigen Umfange des Gesamtwissens jeder nur an seinem Teil arbeitet und arbeiten kann, das Bewußtsein, welches so unendlich fruchtbarer ist, als die Klage über Mangel an sogenannter allgemeiner Bildung, welche in vielen Fällen doch nur auf die Einbildung des Besitzes einer solchen hinausläuft, d. h. die Einbildung aus dem eigenen begrenzten Standpunkt das Universum begreifen zu können.

Daß die Mehrzahl der Menschheit der dritten Entwicklungsstufe fern bleibt, ist begreiflich. Die Konzentration wird,

als wertvoller Besitz von der Schulbildung übernommen, im Leben und in der Wirklichkeit ihre Früchte tragen, aber die Vorstellung einer geschlossenen Bildung als eines dauernden Ideales, welches für den Zweck der Erziehung vorübergehend ja förderlich sein mag, hält auf die Dauer mit Gewalt von der höheren Entwicklung zurück. Der Geist ist nun einmal nach der intellektuellen Seite nicht, wie man sich so gerne einbildet, eine geschlossene Einheit, er ist nur eine zur Einheit zu schließen stets geneigte Tendenz. Schwebt die geschlossene Einheit des Geistes als Ziel vor, dann glaubt man so leicht, auch dieses Ziel erreicht zu haben, um nun von der eingebildeten höheren Warte alle Neuerungen als untergeordnet oder schon dagewesen zu übersehen.

Die höchste Entwicklung wird sich mit Vorliebe jene erste Stufe der Kindheit vergegenwärtigen; sie wird sich gerne wieder einer bunten Mannigfaltigkeit, wie sie das Leben und die Wirklichkeit bietet, aber jetzt bewußt, gegenüberstellen, und an ihr wieder die Fähigkeit der selbsttätigen Abstraktion und Isolation ausüben, deren sie beim Wege durch die Schule so gut wie entwöhnt war. Was in der Kindheit die Muttersprache mit ihrer Anleitung gewährte, das wird hier unter anderem die ständige Vergleichung bieten, um zur Begriffsbildung, aber jetzt bewußt, fortzuschreiten.

Wir würden die Charakteristik dieser höheren Stufe nur sehr unvollkommen beschrieben haben, wenn wir nicht noch eine Fähigkeit berühren wollten, welche sich hier in höchster Reife zeigen kann. Diese Fähigkeit setzt da ein, wo sich die niedere Stufe befriedigt zurückzieht; da, wo die Tendenz zur Einheit zu schließen unausführbar erscheint, wo sich im praktischen Leben die Gegensätze unvermittelt einander gegenüberstehen, und dennoch das Recht als geteilt angesehen werden muß. Ich meine die Fähigkeit der Übereinanderordnung, der Superposition, die dem einen gibt, ohne dem anderen zu nehmen, die Fähigkeit, die genau weiß,

wie weit eigenes Vermögen und Wissen reicht, wie weit die Kräfte und Kenntnisse anderer in Anspruch zu nehmen sind.

Ich rekapituliere: Die im Anschluß an die Betrachtung naturwissenschaftlichen Denkens gebildete Terminologie der Isolation und Superposition hat sich uns als sehr brauchbar erwiesen, um die verschiedenen geistigen Entwicklungsstufen des Menschen wenigstens in gewissen Grundzügen zu charakterisieren. Die Fähigkeit zu isolieren konnte schon der Kindheit zugesprochen werden; die Fähigkeit zu superponieren kann sich erst, wenn überhaupt, im reifen Mannesalter äußern. Aufgabe der Schule ist die Ausbildung des Willens, der Fähigkeit sich zu konzentrieren; mit Fragen der Erkenntnis hat die Schule wenig oder nichts zu tun.

*Der Begriff der Entwicklungsgeschichte, seine Herkunft und mannigfache Verwertung.*<sup>1)</sup> — Haben wir den Ursprung des Entwicklungsgedankens in der Tatsache der Entwicklung des menschlichen Lebens erkannt und zur Darstellung gebracht, so werden wir den Begriff der Entwicklungsgeschichte in seiner Herkunft entsprechend auf die Geschichte der Menschheit und ihrer Völker zurückzuführen haben. Der Begriff der sogenannten Weltgeschichte und der historischen Wissenschaft ist älter<sup>2)</sup>, als der Begriff der

1) Den größten Teil der Auseinandersetzungen hierüber wird man bereits, wenn auch zerstreut, in der ersten Auflage dieser Grundzüge (1896) finden. Es wäre gegenwärtig (1909) auf eine ganze Reihe späterer Publikationen hinzuweisen, welche meine Ausführungen bestätigen und ergänzen. Ich hebe hieraus hervor das dritte Kapitel (Natur und Geschichte) des wertvollen Werkes von H. Rickert, *Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung, eine logische Einleitung in die historischen Wissenschaften* — Tübingen und Leipzig 1902 — und die zweite Rede (Biologie und Biologiegeschichte) der bemerkenswerten Broschüre von R. Burckhardt, *Biologie und Humanismus. Drei Reden.* Jena 1907.

2) Herr Prof. P. Wendland machte mich darauf aufmerksam, daß man mit dem strengen Begriff der historischen Wissenschaft nicht in das Altertum zurückgehen dürfe: „Historische Forschung

modernen Entwicklungsgeschichte. In diesem Sinne wird die Behauptung richtig sein, daß Darwin sich in seiner Entwicklungslehre von Vertretern der Geisteswissenschaften als abhängig erweist.

Man hat früher unterschieden zwischen den beschreibenden und erklärenden Naturwissenschaften. Zu den beschreibenden zählte man Zoologie, Botanik, Medizin — kurz die biologischen Wissenschaften, zu den erklärenden die Physik und Chemie. Was diese Unterscheidung bedeuten sollte, lag auf der Hand. Die erklärenden Wissenschaften sollten und wollten Rechenschaft ablegen von den Erscheinungen, die in ihr Gebiet fielen; sie wollten nicht nur berichten, daß diese Erscheinungen da sind, sie wollten diese Erscheinungen wirklich erklären, unser Erkenntnistrieb sollte in diesen Wissenschaften eine tiefere Befriedigung erhalten. Die beschreibenden Wissenschaften glaubten von vornherein auf einen derartigen tieferen Erkenntnisstandpunkt verzichten zu müssen, sie sollten und wollten sich von vornherein darauf bescheiden von Tatbeständen zu berichten.

Aber dann hat sich, wie Boltzmann<sup>1)</sup> treffend in einem Vortrag ausführt, ein merkwürdiger Umschwung in diesem beiderseitigen Erkenntnisstandpunkt vollzogen. Die früher

und Wissenschaft in unserem strengen Sinne ist im Altertum nur sporadisch aufgetreten. Thukydides, nach ihm Aristoteles stehen mit ihrer historischen Forschung ziemlich isoliert“. „Biologie ist bei den Griechen im Grunde älter als Geschichtswissenschaft. Sicher hat es im Altertum so viel biologische Wissenschaft und bedeutende Ansätze zur heutigen Biologie (R. Burckhardt) wie historische Forschung gegeben.“ Für eine gerechte Abschätzung der Leistungen des Altertums in den Naturwissenschaften wird man unzweifelhaft die verhältnismäßig größeren Anlagen und Erfolge des Altertums in den biologischen Wissenschaften als in den physikalisch-chemischen Wissenschaften zu berücksichtigen haben.

1) L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie 1886. Almanach der Wiener Akademie 36 S. 231. — Populäre Schriften. Leipzig 1905. S. 28, 29 — siehe auch ebenda S. 4, 5.

erklärenden Naturwissenschaften mit ihren wesentlich einfacheren Erkenntnisobjekten sind mit fortschreitender Erkenntnis zu dem Standpunkt gedrängt, daß unsere Erklärung auf den verhältnismäßig noch einfachen Gebieten der Physik und Chemie doch streng genommen nichts anderes als eine Beschreibung ist, im günstigsten Fall eine Konstruktion. Die früher beschreibenden Naturwissenschaften mit ihren wesentlich verwickelteren Erkenntnisobjekten, also sagen wir kurz die biologischen Wissenschaften, welche bis dahin wenig Veranlassung hatten, sich erkenntnistheoretischen Betrachtungen hinzugeben, glaubten sich die Vorstellung bilden zu dürfen, daß für sie die Stunde gekommen sei, in der auch sie erklärend auftreten könnten.

Wir haben es hier mit einer eigenartig psychologischen Situation zu tun, deren Klärung nicht ohne Reiz ist: Die Physik, durch die verhältnismäßige Einfachheit ihrer Objekte in die Lage gesetzt, für erkenntnisgemäße Ansprüche das Höchste leisten zu können, verschafft dem Begriff exakter naturwissenschaftlicher Behandlung Namen, Achtung und Anerkennung. Diese von einem naturwissenschaftlichen Arbeitsgebiet unter besonderen Bedingungen geltende Vorstellung wird auf ein anderes naturwissenschaftliches Arbeitsgebiet, welches unter anderen Bedingungen steht, übertragen. Der Begriff einer äußerlich vor sich gehenden Entwicklung erscheint bei Verwertung eines gleichen sprachlichen Ausdrucks trotz verschiedener Bedeutung auf gleiche Stufe gestellt mit dem Versuch einer erkenntnisgemäßen Darstellung einer innerlich verstandenen Entwicklung, die in jedem Augenblick zu demonstrieren ist, wie ein mathematischer Lehrsatz bewiesen werden kann.

Dazu kommt noch eins, was schon für die historische Wissenschaft gilt, was von Sybel<sup>1)</sup> so treffend seiner Er-

---

1) von Sybel, Gesetze des historischen Wissens. Bonn 1864. S. 9.

läuterung der Gesetze des historischen Wissens voranschickt: „Sobald die Absicht zu erzählen, die Absicht erzählend darzustellen, im Geiste vorhanden ist, wirkt die persönliche Natur des Erzählenden mit gestaltender Kraft auf den Stoff ein. Die größte Schärfe und Klarheit der Beobachtung gibt dagegen keinen Schutz, denn die richtig empfangenen Eindrücke werden in der Darstellung eben umgeformt. Die stärkste Liebe zur Wahrheit steht nicht im Wege: denn der Erzählende ist im Moment eben der Überzeugung, daß seine Ausarbeitung die rechte Wahrheit sei.“ Es ist derselbe Gedanke, den der junge v. Sybel, nur wesentlich verstärkt, in der Hauptthese seiner Promotion vom Jahre 1838 ausgesprochen: „Der Geschichtsschreiber soll mit Leidenschaft und persönlichem Anteil schreiben.“ — Eine Formulierung, die zuerst überrascht, ja zum Widerspruch herausfordert, dann aber bald mit ihrer feinen psychologischen Pointe als durchaus berechtigt erkannt wird.

Das Verhältnis von Ideen und Tatsachen, dessen ich im zweiten und dritten Vortrag im Anschluß an die Untersuchungen über Subjektivität und Objektivität der physikalischen Forschung gedacht, spielt auch in der Geschichte eine Rolle. Habe ich dort auf eine bemerkenswerte Äußerung J. von Liebig's hingewiesen, so gedenke ich in diesem Zusammenhange der Anschauungen F. Ch. Schlossers, über welchen mein Kollege F. Rühl<sup>1)</sup>, Professor der alten Geschichte schreibt: „Eine gewisse, oft staunenswerte Gleichgültigkeit gegen die Tatsachen an sich hat er immer behalten; unzählige auffallende Fehler hat er gleichmütig begangen und eingestanden, denn für seinen eigentlichen Zweck kam nach seiner Meinung nichts darauf an, glaubte er doch sogar, daß eine Universalgeschichte möglich sei, welche von allen Einzelheiten völlig absehe. Die Tatsache

---

1) F. Rühl: F. Ch. Schlosser in „Nord und Süd“. Bd. 13, S. 350. Juni 1880.



selbst ist ihm tot; sie gewinnt nur Leben durch die Ideen, die sich daran aufweisen lassen, und er unterscheidet sich von den theologischen und philosophischen Geschichtskonstruktoren im Prinzip nur dadurch, daß er nicht die Tatsachen aus den Ideen versteht, sondern die Ideen aus den Tatsachen erkennen will.“

Kann eine solche subjektive Umwertung sich schon in den historischen Wissenschaften vollziehen, wieviel leichter wird sie sich in der naturwissenschaftlichen Entwicklungsgeschichte einstellen. Es liegt mir durchaus fern, hier die Fruchtbarkeit der Lehre Darwin's für die biologische Forschung bestreiten zu wollen, aber die Anmaßung dürfte denn doch zurückzuweisen sein, mit welcher manche Jünger Darwin's auftreten, daß sie die Lebensformen und Lebenserscheinungen nicht bloß beschreiben, sondern wirklich erklären wollen. Es muß ausdrücklich hier, wenn von Erkenntnistheorie die Rede sein soll, darauf hingewiesen werden, daß die biologischen Erklärungen der Darwin'schen Lehre im wesentlichen nur eine Schilderung, eine Erzählung in mehr oder weniger historischem Sinn ist, wie es auch das Wort Entwicklungsgeschichte andeutet.

Liegt so eine höchst verwickelte, ohne psychische Analyse nicht recht begreifliche Situation für die Erkenntnis und ihre mannigfachen Formen vor, so muß vollends bei Popularisierungsversuchen der Entwicklungsfragen und ihrer Verwertung zu Zwecken der Weltanschauung der Möglichkeit einer vollständigen Verwirrung der naturgemäß hier obwaltenden Auffassungen Tür und Tor geöffnet erscheinen.

Eine solche Verwirrung scheint tatsächlich aber bereits vorzuliegen, wenn die äußere biologische Entwicklungslehre von Historikern, wie Lamprecht<sup>1)</sup>, derart aufgefaßt wird, daß sie glauben das Objekt ihrer Forschung — also die Ge-

---

1) G. von Below: Die neue historische Methode. Historische Zeitschrift (begründet von H. von Sybel). 1898. Bd. 81. S. 193.

schichte — vom Standpunkt naturwissenschaftlicher Entwicklungsgeschichte zur Darstellung bringen zu müssen.

In dieser Richtung ist R. Stämmler's<sup>1)</sup> Bemerkung durchaus zutreffend: „Demgegenüber gilt es nicht sowohl an einzelnen Punkten lindernd einzugreifen und diesen oder jenen Übelstand zu beseitigen, der aus der Herübernahme einer gar nicht für dieses Gebiet berechtigten Terminologie entstanden ist: sondern es kommt darauf an, das Ganze dieser intellektuellen Fremdherrschaft grundsätzlich auszumerzen.“ Die Natur, das Naturgeschehen, das Walten natürlicher Kräfte ist ein mit Notwendigkeit ablaufender äußerer Mechanismus, als solcher ohne Gründe und Zwecke. Die Geschichte der Menschheit, das Walten geistiger Kräfte bedient sich oder sucht sich dieses äußeren Mechanismus der Natur als Mittel zu bedienen, um begründet nach Zwecken zu handeln. In diesem Sinne wird das Walten geistiger Kräfte in der Geschichte, wenn auch nicht frei im Sinne einer ungebundenen Freiheit, so doch frei im Sinne einer gebundenen, bedingten Freiheit anzusehen sein.

## 2.

*Präliminare Bemerkungen über Bildung und Wissen.* — Eine besondere Rolle werden in dem Geistesleben jeder Zeit Bildungsfragen, insbesondere Fragen der allgemeinen Bildung spielen. Der Begriff Bildung steht in einem gewissen Verhältnis zum Begriff Wissen, und es empfiehlt sich daher beide Begriffe im Zusammenhange zu veranschaulichen. Aller Wissensstoff kann im letzten Grunde in Bezug auf allgemeine Bildung nur formalen, d. h. formenden Wert haben und ist nur in bezug auf diesen zu beurteilen. Schon der sprachliche Ausdruck deutet darauf hin, daß Bildung niemals etwas Abgeschlossenenes, Vollendetes, Angeeignetes sein

1) R. Stämmler: *Wirtschaft und Recht nach der materialistischen Geschichtsauffassung.* Lpz. 1896. S. 350.

kann, sondern die Fähigkeit zu bilden, zu formen, abzuschließen, sich anzueignen ausdrückt. Bildung ist etwas Aktives, nicht Passives. Zeichnet den Spezialisten diese Fähigkeit in seinem engen Gebiet aus und macht ihn zu einem schlechtweg Gebildeten, so wird der Begriff der allgemeinen Bildung diese Fähigkeit für ein weiteres allgemeineres Gebiet in Anspruch nehmen, wenn auch letzteres nur in einem weniger intensiven Grade als ersteres.

Soviel ist also klar: Wissen ist noch nicht Bildung. Allerdings hat Bildung ein gewisses Quantum Wissen zur Voraussetzung und insofern ist Wissen eine Macht, es ist eine um so größere Macht, je größer es ist. Aber an und für sich, ohne Begleiterscheinungen, ist Wissen tot, ist vor allem Wissen Stückwerk und wird Stückwerk bei allem Fortschritt der Wissenschaft bleiben.

Bildung ist die Fähigkeit, aus dem an und für sich toten Wissensstoff Werke des Lebens und des Geistes gestalten zu können. Bildung ist etwas nie Abgeschlossenes, Fertiges, sondern etwas sich stetig Abschließendes, Vollendendes. Bildung ist die Fähigkeit, jede gegebene Situation in ihren Elementen richtig auffassen, und, wenn es sein muß, auf dieselbe selbst einwirken zu können. Bildung ist nicht wie das Wissen etwas Aufweisbares und daher Sichtbares, Gegebenes, es ist etwas Unsichtbares aber Wirksames und Wirkendes.

Wenn durch die Naturwissenschaften um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts ein gewisser Zwiespalt in das Geistesleben und damit in die Fragen der Bildung hineingetragen erscheint, wenn unsere allgemeinen Betrachtungen davon ausgehen, daß die Naturwissenschaften auch in erster Linie die Verpflichtung haben, an der Lösung dieses Zwiespalts mitzuarbeiten, dann wird es nunmehr auch meine Aufgabe sein müssen, Stellung zu den Bildungsfragen der Gegenwart zu nehmen. Meinem Grundsatzes getreu, daß nur an der Hand der geschichtlichen Entwicklung solche Fragen

in Angriff genommen werden können, werde ich mit einigen geschichtlichen Rückblicken zu beginnen haben.

*Hegel und seine Zeit.* — Der Gedanke, um nicht zu sagen die Einbildung, daß der menschliche Geist zur Natur in einem inneren, unmittelbaren Verhältnis stünde, hat eine besondere Rolle im Geistes- und Bildungsleben der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts gespielt. Nachdem die Romantik die Wesensverwandtschaft des Menschen mit der Natur betont hatte<sup>1)</sup>, glaubte eine himmelstürmende Philosophie, Methoden und Grenzen, wie sie ihr ein naturwissenschaftlich durchbildeter Kant Ende des vorigen Jahrhunderts gegeben hatte, entbehren zu können; sie trat siegesbewußt und imponierend auf, suchte sich an die Spitze aller geistigen Bewegung zu stellen, und nur allzubereit wurde ihr von maßgebender Seite dieser Rang zuerkannt. Das, was wir heute unter einem ernsten Studium der Wirklichkeit und der Erfahrung verstehen, war dieser Philosophie unbekannt, das glaubte sie gar nicht nötig zu haben; mit ihren Konstruktionen a priori glaubte diese Philosophie alle die schwere Arbeit, welcher sich heute die Naturwissenschaften unterziehen, sparen zu dürfen; im Gegenteil, wo die Arbeit der Naturforscher etwas anders ergab, als es sich der Philosoph dachte, da sollte der Irrtum auf Seiten des Naturforschers liegen, das Denken der Philosophen sollte mit dem Sein identisch sein.

Wir wollen nicht ungerecht sein: diese philosophische Richtung, wie sie insbesondere an den Namen Hegel knüpfte, war für die Wissenschaften, welche man als Geisteswissenschaften zu bezeichnen pflegt, für die historisch-philologischen Wissenschaften nicht ohne Anregung und Förderung. Denn Hegel hatte die weiten Gesichtspunkte der

---

1) Man vergleiche die Ausführungen bei Dilthey in seinem Aufsatz über F. Hölderlin in W. Dilthey, *Das Erlebnis und die Dichtung*. 2. Auflage, Leipzig 1907, S. 342.

Romantik in sich aufgenommen und hatte, wie die jüngst bekannt gewordenen, gedankenreichen Jugendschriften<sup>1)</sup> zeigen, aus tiefer und gründlicher Geschichtsforschung die Grundlage für seine spätere, systematische Konstruktion gewonnen. Mit den Methoden der Naturforschung hatte dagegen Hegel keine Fühlung, darum konnte er der durch die Naturwissenschaften gewiesenen Geistesrichtung kein Leben zuführen, im Gegenteil dem damals kleinen aber auserwählten Kreise deutscher Naturforscher nur feindlich gegenüberstehen.

Die Art der Beschäftigung mit der Erfahrung, wie sie nun einmal der Naturwissenschaft charakteristisch ist, die Wertschätzung von Experiment und Beobachtung und ihre künstlerische Ausübung wurde als eine in jeder Beziehung inferiore Tätigkeit angesehen, eines so hohen menschlichen Geistes, wie ihn die damalige Philosophie zur Voraussetzung nahm, unwürdig. Wir können wohl heute verstehen, daß der Naturforscher damals keinen leichten Stand hatte. Die Naturwissenschaften liegen nun einmal dem menschlichen Geiste unbequemer, als die historisch-philologischen Wissenschaften, hier kann nur mit Entsagung und einer Anstrengung etwas erreicht werden, welche sich ganz neuer Kenntnisse und Methoden bemächtigt, für welche die Stellung des naiven Menschen zur Natur kaum irgendwelche Anknüpfungen und Voraussetzungen bietet. Die Naturwissenschaften sind, wie ich mich ausdrücken möchte, dem Menschen weniger kongenial. Wo hätte da bei der Grundverschiedenheit der Voraussetzungen ein Verständnis für die Arbeit des Naturforschers herkommen sollen?

*Steigender Einfluß der Naturwissenschaften.* — Die weitere Entwicklung zeitigte um die Mitte des neunzehnten Jahr-

---

1) W. Dilthey, Die Jugendgeschichte Hegel's. Abhandlungen der Königl. preussischen Akademie der Wissenschaften. Berlin 1905.  
— H. Nohl, Hegel's theologische Jugendschriften. Tübingen 1907.

hundreds einen Wendepunkt. Die absolute Philosophie verstieg sich Schritt für Schritt zu Behauptungen, welche die fortschreitende Naturwissenschaft als Irrtümer und Fehler aufdecken konnte. Die Naturwissenschaften wieder machten nach ihrer vielgeschmähten Methode Schritt für Schritt Entdeckungen, deren Tragweite zunächst allerdings nur der Fachmann einigermaßen übersehen konnte, die dann aber bald früher, als es der Fachmann zu ahnen gewagt, durch die enormen Fortschritte der Technik in das Bewußtsein des Laien traten. Der Zusammenbruch der philosophischen Systeme der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wird innerlich durch nichts besser gekennzeichnet als durch den im Anschluß daran einsetzenden Ruf wieder auf Kant zurückzugehen und wieder mit Kant anzufangen.

Bei der weittragenden Verwertung physikalischer und chemischer Ergebnisse mit ihren kulturellen Freuden und Annehmlichkeiten mochte bei einem weiten Kreise gebildeter Laien das Studium der Natur nur immer in Verbindung mit der Vorstellung einer unmittelbar praktischen Nutzwertung erscheinen, ja die Möglichkeit der praktischen Verwertung eines rein wissenschaftlichen Ergebnisses ein Kriterium für den Wert und die Grenzen wissenschaftlicher Betätigung bilden.

Geschichtlich wird jedenfalls darauf hinzuweisen sein, daß die in die erste Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts fallenden großen physikalischen Entdeckungen, an welche im weiteren Verlauf Zweige besonderer Formen der Technik in ungeahntem Umfang anknüpfen sollten, ohne jede Beziehung auf den Gedanken auch nur der Möglichkeit einer praktisch-technischen Verwertung gemacht sind. Ich erinnere an die erst fünfzehn Jahre nach Oersted's Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom einsetzende Telegraphie, an die erst dreißig Jahre nach Faraday's Entdeckung der induzierten Ströme einsetzende Elektrotechnik.

*Gestaltung der Beziehungen der Naturwissenschaften und der Technik zueinander im Verlauf der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts.* — Wir werden uns diese äußeren Umstände in Verbindung mit der Stellung der Naturwissenschaften an den von der Entwicklung der Philosophie, klassischen Philologie und Geschichte getragenen deutschen Universitäten um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts zu vergegenwärtigen haben, um begreifen zu können, wie notwendig es damals Vertretern der Physik erscheinen mochte, ihre innere Zugehörigkeit zur Universität im Gegensatz zur Technik zu bekunden. Es liegen Äußerungen aus jener Zeit vor, denen entweder die Anschauung einer schärferen Trennung zwischen Wissenschaft und Technik zugrunde liegt, als sich auf die Dauer innerlich rechtfertigen ließ und durch die weitere Entwicklung gerechtfertigt wurde — oder denen die Nötigung zu dem ständigen Hinweis zu entnehmen ist, daß sich die Naturwissenschaften gar nicht in Rücksicht auf ihren praktischen Nutzen betreiben lassen, daß die Naturwissenschaften um ihrer selbst willen da wären, unabhängig von der Frage aller Nutzenwendungen.

In der ersten Zeit überwog die Betonung der Trennung. Ein interessantes Belegstück in dieser Richtung bildet ein mir im Konzept vorliegendes von F. Neumann eigenhändig abgefaßtes, an das Ministerium gerichtet gedachtes Schreiben in Sachen der Errichtung des mathematisch-physikalischen Laboratoriums in Königsberg, wie es Neumann 1840 zugesagt, erst 1884—1886 gebaut wurde. Das Konzept, welches für die Stellung Neumann's zur Technik besonders charakteristisch ist und etwa im Jahre 1876 abgefaßt sein mag, lautet: „Ohne die durch ein Laboratorium für mathematische Physik gewährten Hilfsmittel ist die Universität nicht ferner in der Lage, ihren Beruf erfüllen zu können, für die Erweiterung der Wissenschaft und ihre Verbreitung die Sorge tragen zu können, welche der Staat mit Recht von ihr erwartet. Der Unterricht in der

Physik, wenn der Universität nicht die dazu erforderlichen Hilfsmittel gewährt werden, muß mehr und mehr in die Hände der technischen Lehranstalten geraten, und die ideale, rein wissenschaftliche Richtung des physikalischen Studiums, die so urwüchsig aus deutschen Universitäten hervorgegangen ist, wird sich eine andere, fremde Heimat suchen. — Der Hilfsmittel eines physikalischen Laboratoriums entbehrend, muß der Lehrer der Physik das freudige Bewußtsein entbehren, innerhalb der Gemeinschaft derjenigen zu stehen, die an der Erweiterung der Wissenschaft ihren Anteil nehmen; dieses Bewußtsein ist es aber, welches ihm den Erfolg seiner Lehrtätigkeit sichert.“

Die enorme Entwicklung der Technik in ihrem Einfluß auf die Kultur, die Anerkennung der äußerst förderlichen Rückwirkung ihrer Hilfsmittel sowie der technischen Forschung überhaupt auf die Wissenschaft bringt Änderung in die Beziehungen der Wissenschaft zur Technik, wie eine solche in der Aufnahme von Werner von Siemens als Mitglied in die Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1874 ihren bezeichnenden Ausdruck findet. Die Situation wird durch die Antrittsrede<sup>1)</sup> treffend charakterisiert, aus der hier wenigstens eine Stelle wiedergegeben werden mag: „Nicht allein im eigenen Interesse der Wissenschaft liegt es, in engere Verbindung mit der Anwendung ihrer Forschungsergebnisse im praktischen Leben zu treten, weil dasselbe ihr reichlich zurückbringt, was es empfängt; es ist für sie auch ein Gebot der Pflicht. Denn dadurch erhält die Wissenschaft erst ihre höhere Weihe, das gibt ihr erst ein Anrecht auf die dankbare Liebe und Verehrung der Völker, daß sie nicht ihrer selbst wegen besteht, zur Befriedigung des Wissensdranges der beschränkten Zahl ihrer Bekenner, sondern daß ihre Aufgabe die ist, den Schatz des

1) W. Siemens: *Wissenschaftliche und technische Arbeiten*. Bd. 1. Berlin 1889. S. 217.



Wissens und Könnens des ganzen Menschengeschlechtes zu erhöhen und dasselbe damit einer höheren Kulturstufe zuzuführen.“

*Frage nach der Berechtigung einer Gegenüberstellung von Natur- und Geisteswissenschaften.* — Man stellt die Naturwissenschaften so gerne den Geisteswissenschaften gegenüber. Will man damit nichts weiter als eine Bezeichnung schaffen, so ist dagegen nichts zu sagen; will man aber mit dieser Gegenüberstellung einen Begriff verbinden, so ist doch einzuwenden, daß der Natur der Sache nach durchaus kein Gegensatz besteht. Die Naturwissenschaft unserer Tage ist ebenso ein Geistesprodukt der Menschheit, wie es die historisch-philologischen Wissenschaften sind, und die historisch-philologischen Wissenschaften werden sich zu einem Teil mit derselben Materie zu beschäftigen haben, mit der sich die Naturwissenschaft beschäftigt. Denken wir an die Naturforscher des Altertums, denken wir an Aristoteles, denken wir an die heute so lebhaft betriebene Erforschung der Geschichte der Fachwissenschaften im Altertum: Mathematik, Astronomie, Medizin, an der Philologen fast mehr beteiligt sind, als die Vertreter eben dieser Fachwissenschaften.

Also ein innerer Gegensatz zwischen den sogenannten Natur- und Geisteswissenschaften kann an sich gar nicht existieren, und wo er existiert, erscheint er künstlich hineingetragen. Um jedes Mißverständnis abzuschneiden, wird man die Bezeichnung Geisteswissenschaft vielleicht besser aufzugeben haben.

Die Naturwissenschaften kann man in der Tat als die treibende Kraft im Geistesleben der Gegenwart bewußt und unbewußt ansehen. Die Elemente, welche die Naturwissenschaft dem Geistesleben in dieser Beziehung bis zu einem gewissen Grade zuzuführen imstande ist, sollen aufgedeckt werden, die Naturwissenschaft soll als Geisteswissenschaft dargetan werden.

Man kann die Frage aufwerfen, warum die Naturwissenschaften nicht schon früher auf diese Elemente hingewiesen haben, warum sie erst neuerdings darauf verfallen sind, diese Elemente aufzudecken und zu studieren. Auf diese Frage möchte ich folgende Antwort geben:

Den Naturwissenschaften wurde während des letzten Jahrhunderts eine überaus glänzende und schnelle Entwicklung zuteil, die Fruchtbarkeit der Ideen und die Tragweite der Erfolge mußte selbst den Naturforscher überraschen, und bei aller Sorgfalt, mit der die Methode gehandhabt wurde, blieb keine Zeit übrig, über die Methode als solche zu reflektieren und den Versuch zu machen, sie dem Schatz der allgemeinen Bildung einzuverleiben. Die Freude am Schaffen war zu groß, sie stand im Vordergrund der eigenen Interessen, und darum — soweit überhaupt das Bedürfnis vorlag, sich an weitere Kreise zu wenden — der Drang, vor allem die Schöpfungen als solche den Gebildeten der Nation zur Anschauung zu bringen.

Wenn wir aber schon innerhalb der Naturwissenschaften die Geschichte so mancher Ideen und Entdeckungen durch die drei Marksteine charakterisieren können: Ablehnung, kühle Bewunderung, wirkliches Verständnis und freudige innere Aneignung, dann mußte den Naturforscher ein aufmerksames Studium der einschlägigen Literatur lehren, daß der Philosoph und der interessierte Laie den Naturwissenschaften gegenüber doch immer erst den Standpunkt der kühlen Bewunderung erreicht hatte, und daß bis zum inneren Verständnis noch ein weiter Weg sei.

Der Weg, den Naturforscher meist eingeschlagen, interessierten Laien naturwissenschaftliche Anschauungen und Forschungen nahe zu bringen, konnte auch nicht mehr als kühle Bewunderung hervorrufen. Meister der Wissenschaft haben die Resultate der Naturforschung, soweit sie geeignet waren, allgemeines Interesse zu erregen, in populärer Form im edelsten Sinne des Wortes dargestellt; man

hat die Freude an dem stetigen Fortschreiten der Naturerkenntnis auch weiteren Kreisen zur Anschauung gebracht und die Bedeutung dieses Fortschreitens für die Kultur der Menschheit aufgewiesen. Indem aber der Weg, auf welchem alles Große erreicht wurde, sich in der Regel einer populären Darstellung entzog, mußte man auf die Forderung innerer Aneignung und wirklichen Verständnisses verzichten. Man hat mehr überrascht als belehrt, mehr zerstreut als gesammelt. Ein Teil der gebildeten Laien wurde gewonnen, aber der andere und vielleicht einer tieferen Belehrung fähigere Teil fühlte sich nicht befriedigt; es fehlte das Band mit dem Interessenkreise, der davon ausgeht, daß das eigentliche Studium des Menschengeschlechts der Mensch sei.

Scheint die bisherige Art der Popularisierung der Naturwissenschaften, so gehaltvoll sie sich oft selbst für den Sachverständigen gestaltete, für eine tiefere Verständigung der gegenüberstehenden Parteien wenig geeignet, so waren andere Bestrebungen, die auf Grund eines immerhin beschränkten naturwissenschaftlichen Materials nach einem vorzeitigen Abschluß der Weltanschauung drängten, nur allzusehr dazu angetan, die Kluft, welche es doch nun einmal zu überbrücken galt, zu vertiefen; auf eine Verständigung mit der anderen Seite wurde dann naturgemäß von vornherein verzichtet; die Macht der Ideen und Tatsachen sollte der einen Seite zum Siege verhelfen, die andere Seite vernichten.

Es kommt noch ein drittes hinzu:

Den Naturwissenschaften mangelte bis dahin die Stufe der Entwicklung, in der sie heute berufen erscheinen, das Kultur- und Geistesleben in immer neuen Formen und in immer weiterem Umfang zu durchdringen und zu beleben. Hatte, wenn wir heute einen Rückblick werfen, das Eintreten der Naturwissenschaft in die Kultur eine gewisse Reife des Menschengeschlechts zur Voraussetzung, so mußte zunächst den Naturwissenschaften im Kampf um die Bildung ein Mangel anhaften: sie konnten auf keine derartige Ge-

schichte zurückblicken, wie die Wissenschaften, die man so oft und so gern den Naturwissenschaften gegenüber zu stellen pflegt. Die Naturwissenschaft war nun einmal die jüngere Schwester, darin lag Vorzug und Mangel zugleich.

Der Vergleich der Entwicklung der Wissenschaften mit der Entwicklung des Menschen weist nach mehr als einer Seite hin Berührungspunkte auf und kann zur Veranschaulichung herangezogen werden. Der Jüngling, seiner noch stets wachsenden Kraft bewußt, glaubt der Erfahrung des reiferen Alters entraten zu können; er beruft sich wohl auch auf Erfahrung, aber sein Leben war noch zu kurz, als daß er wüßte, was es heißt, sich auf Erfahrung berufen zu können. Diese Erfahrung des reiferen Alters ist es eben, welche in der Wissenschaft die Rückwirkung ihrer Geschichte zum Analogon hat.

Die Naturwissenschaft kann heute in der Mehrzahl ihrer Disziplinen auf eine Entwicklung zurückblicken, deren Geschichte darzustellen ein Gegenstand voll des Reizes ist, und nicht allein das: eine Geschichte der Naturwissenschaft hat ihre besondere Bedeutung; sie ist geeignet den Mangel abzustreifen, der ihr bis dahin den älteren Schwestern gegenüber noch anhaftete — mehr noch: sie enthält die Keime in sich, den Maßstab abzugeben, auf Grund dessen ein wahrer Vergleich mit den anderen Bildungselementen der Gegenwart möglich erscheint.

Das scheinen mir die Gründe zu sein, weshalb die Naturwissenschaften nicht schon früher als Geisteswissenschaft aufgetreten, weshalb sie erst heute fähig erscheinen, eine Stellung im Geistesleben der Gegenwart einzunehmen, deren Bedeutung allgemein zum Bewußtsein zu bringen nur noch eine Frage der Zeit sein kann.

Das geschichtliche Moment scheint mir allerdings gerade von modernen Vertretern naturwissenschaftlicher Disziplinen noch vielfach erheblich unterschätzt. Wenn ich den fesselnden Aus-

führungen von R. Burckhardt<sup>1)</sup> folge, scheint das besonders in der Biologie der Fall zu sein. Mit Recht kann Burckhardt darauf hinweisen, wieviel der Wissenschaft verloren geht, wenn ihre Vertreter für die Wege, auf denen die Ergebnisse der Forschung gewonnen sind, für die weiteren geistigen Zusammenhänge, in denen die Forscher stehen, kein Interesse haben. Für die Biologie weist Burckhardt besonders auch darauf hin, wie wenig gute Biographien der führenden Forscher es gäbe, wieviel Material durch die Vernachlässigung dieser Pflicht der Pietät geradezu verloren gehe.

„Ein anerkannter deutscher Zoologe mußte uns einst gestehen, noch nie eine Zeile von Cuvier oder einem deutschen Naturphilosophen gelesen zu haben. Solche Unkenntnis kann aber folgenschwer werden; führte sie doch an einer anderen deutschen Hochschule dazu, daß der Fachmann der Zoologie einer der größten Bibliotheken Cuvier's *Règne animal* anzuschaffen widerriet, da das Werk veraltet sei! Oder wir erhielten die Versicherung von einem der ersten englischen Fachgenossen, der zwei Forschergenerationen überblickt, er kenne nicht ein halbes Dutzend britischer Zoologen, denen die *Monographie der Myxinoiden*, Johannes Müller's klassisches Werk auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie, bekannt sei. Erst nachdem er zwei dickleibige Bücher über theoretische Biologie geschrieben hatte, entdeckte der Botaniker Reinke das Handbuch der Physiologie von demselben Johannes Müller, der ja doch erst um zwei Forschergenerationen hinter uns liegt. Er gesteht dies selbst und fügt ganz naiv bei: Ich hatte keinen zwingenden Anlaß empfunden, dies Werk früher, im Hinblick auf mein eigenes zu studieren; denn der sachliche Inhalt mußte längst in die neueren Lehrbücher übergegangen sein.“

1) R. Burckhardt, Biologie und Humanismus. Jena 1907. S. 46, 74, 75. — In den sogenannten exakten Naturwissenschaften ist jedenfalls das historische Interesse ungleich stärker; ich erinnere an Liebig, Mach, Ostwald.

3.

*Einfluß der Kunst auf Bildungsfragen der Gegenwart.* —

Einen eigenartigen Einfluß übt auf das Geistesleben der Gegenwart in anderem Sinne als früher die Kunst aus. Auf der einen Seite erscheint das Geistesleben getragen von künstlerischen Anschauungen und Auffassungen, wo solche nicht ganz am Platze sind; auf der anderen Seite läßt es sich wohl auch solche entgehen, wo sie am Platze wären. Intellektuelle und künstlerische Momente sollten sich durchaus nicht ausschließen, sich vielmehr gegenseitig ergänzen und bedingen — aber unter Umständen müssen sie mit voller Klarheit auseinander gehalten werden. Jedenfalls können gewisse Bewegungen im Geistesleben der Gegenwart gar nicht anders verstanden werden, als wenn man beide Momente berücksichtigt und im einzelnen Falle fragt, ob der Maßstab des Intellektuellen oder des Künstlerischen anzulegen sei.

Es gibt Fragen, welche es zweifelhaft erscheinen lassen, wohin sie gehören — welche eine vollkommene Verwechslung der Gebiete vielfach beobachten lassen und damit für weite Kreise eine bedenkliche Verwirrung anrichten. Wir haben bereits gelegentlich der Besprechung des Monismus und seiner Anhänger eine derartige philosophische Verwirrung berührt. Hier soll es sich um Fälle handeln, in denen Fragen der intellektuellen Bildung vom Standpunkt der Kunst behandelt sind.

In der ersten Auflage dieser Schrift (1896) konnte ich ausführen: Es ist noch nicht lange her, daß in einer Schrift Rembrandt als Erzieher hingestellt wurde. In gewissem Sinne kam die Schrift dem gegenwärtig haltlosen Zustande der sogenannten allgemeinen Bildung entgegen, darauf beruhte ihr teilweiser Erfolg, ihre beispiellose Verbreitung. Die allgemeine Bildung sehnte sich nach Befestigung der ihr lieb gewordenen, aber doch nun einmal ins Wanken ge-

kommenen Vorstellungen. Hier wurde ihre Aufmerksamkeit mit bewußter Anfeindung naturwissenschaftlichen Denkens auf ein Gebiet hingelenkt, auf dem von jeher eine gewisse Geistesaristokratie sich mit mehr oder weniger Berechtigung bewegt hatte: das Gebiet der bewundernden Kunst. Mit je größerer Einseitigkeit dieser Gedanke verfolgt und durchgeführt wurde, desto mehr mußte der Standpunkt des Verfassers sinken, desto mehr konnte er auf die Dauer nicht befriedigen. Wahre künstlerische Fähigkeiten sind nun einmal unter den Menschen spärlicher ausgestreut, als intellektuelle; intellektuelle Bildung hinterläßt auch in weniger begabten Köpfen ihre fördernden Spuren, aber künstlerische Bildung, auch nur nach der bewundernden Seite auf das Allgemeine übertragen, würde eine erschrecklich große Zahl Stümper zeitigen.

Es war für mich eine gewisse Genugtuung, sechs Jahre später diese meine Auffassung in einer Festrede der Berliner Akademie von Diels<sup>1)</sup> geteilt zu finden. Ich lasse um so lieber die Ausführungen von Diels hier folgen, als mir gerade an dieser Stelle die Worte eines klassischen Philologen wertvoll erscheinen und sich diesen Worten die Erklärung des großen Einflusses von F. Nietzsche auf die heutige Jugend anschließt.

Nachdem Diels unter Bezugnahme auf eine Definition von Aristoteles von dem Mangel der „Jungen“ gegenüber den „Alten“ gesprochen, der nicht in den Jahren liegt, sondern darin, daß sie alles mit Leidenschaft und nicht mit Verstand betreiben, fährt er fort: „Aus den Reihen dieser streitbaren Jugend treten für unseren Ausblick zwei Vorkämpfer in den Vordergrund, die zuerst vernehmlicher auf dem Gebiete der Wissenschaft den beliebten Schlachtruf: *Auf zur Kunst* ertönen ließen.

„Der eine von diesen Jünglingen, der eben die Elemente

---

1) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1902. S. 31, 32.

der Wissenschaft kennen gelernt hatte, trat mit einem großen Reformplan vor das deutsche Volk. Er appellierte dabei geschickt an die patriotische Stimmung, die nach dem großen Kriege und der politischen Einigung höher wogte, und empfahl der der Nation entfremdeten Wissenschaft, die in schnödem Kleinkram sich verliere, die vaterländische Kunst zu pflegen, indem er ihr als Muster und Vorbild den großen Maler des Helldunkels aufstellte, der sich freilich etwas wundern würde, wenn er hörte, er wäre zum deutschen Nationalheros ausgerufen worden. Das Buch dieses Rembrandtdeutschen hat bei seinem Erscheinen zahlreiche und gierige Leser gefunden, wozu die populäre Misologie und namentlich die heftigen Angriffe auf die Zierden unserer Akademie einiges beigetragen haben dürften. Denn gewissen Kreisen macht es offenbar Vergnügen, den Bekenntnissen von Renegaten zu lauschen, die Fernerstehenden als Eingeweihte besonderes Vertrauen einflößen. Trotz des ungeheuren ephemeren Erfolges ist die Begeisterung für dieses verworrene und unreife Buch bald verfliegen. Es ist heute bereits vergessen.“

„Ein anderer Vorkämpfer der Kunst und Bekämpfer der Wissenschaft hat sich mühsamer seinen Leserkreis erringen müssen. Aber heute ist er eine Macht, ein Heros geworden, wenigstens bei der Jugend; sein Bild ist das anerkannte Symbol alles dessen, was jetzt in Sturm und Drang nach Höherbildung vorwärts strebt. Im Gegensatz zu dem Helldunkeln hat er vornehm alle populären Zugmittel verschmäht und nicht wie jener aus dem Hinterhalte der Anonymität seine Angriffe gerichtet. Er hat stets ritterlich mit offenem Visier gekämpft. Drum soll sein Name nicht verschwiegen werden. Friedrich Nietzsche ist aus den Reihen der strengen Wissenschaft, die ihm früh, zu früh, ihre Kränze reichte, in das Lager der Gegner übergegangen. Dieser Schritt war innerlich längst vorbereitet. Denn von Jugend



auf war seine Seele mehr künstlerisch als wissenschaftlich angelegt. Der laute Beifall seiner Freunde und die vor-schnelle und, wie man jetzt wohl allgemein zugestehen wird, unberechtigte Überschätzung seiner Lehrer konnte ihn nur zeitweilig darüber hinwegtäuschen, daß er sich in der Wahl seines Berufes vergriffen. So genügte ihm die Wissenschaft nicht mehr, weil er ihr nicht genügte. Seine gelehrten Jugendarbeiten sind zwar lebhaft, zum Teil glänzend geschrieben, aber unmethodisch gearbeitet. Es sind Spiele des Witzes, blendende Einfälle, im besten Falle vage Ahnungen des Richtigen, aber niemals und nirgends strenge Wissenschaft.“ — Ich breche hier das Zitat ab, möchte aber darauf hinweisen, daß die weiteren Ausführungen von Diels in ihrer Gesamtheit noch psychologisch höchst wertvolle Beiträge zu einer Analyse Nietzsche's und der an seinen Namen knüpfenden Kultur, sowie über das Verhältnis von Kunst zu Wissenschaft überhaupt enthalten.

Nietzsche<sup>1)</sup> und sein Einfluß auf die Jugend findet sich in der Tat durch die Worte von Diels überaus treffend gezeichnet. Diese durch Nietzsche geschaffene Situation aber vollkommen vorausgesehen zu haben, bleibt das Verdienst des Lehrers und Gönners von Nietzsche: Friedrich Ritschl's, der Februar 1872 an Nietzsche schreibt<sup>2)</sup>:

„Sie können dem „Alexandriner“ und Gelehrten unmöglich zumuten, daß er die Erkenntnis verurteile und nur in der Kunst die weltumgestaltende, die erlösende und befreiende Kraft erblicke. Die Welt ist jedem ein anderes: und da wir so wenig, wie die in Blätter und Blüten sich

1) Sehr wertvoll für eine Analyse Nietzsche's und seiner Entwicklung und mit auf persönlichen Eindrücken beruhend ist der Aufsatz von J. Kaftan, Aus der Werkstatt des Übermenschlichen 1905. Deutsche Rundschau S. 90—110, S. 237—260. — Eine Reihe von Anregungen gewährt auch die Schrift von Hans Vaihinger, Nietzsche als Philosoph. Dritte Auflage. Berlin 1905.

2) Friedrich Nietzsche's Gesammelte Briefe. Dritter Band, erste Hälfte 1904. S. 141—142.

individualisierende Pflanze in ihre Wurzel zurückkehren kann, unsere „Individuation“ überwinden können, so wird sich in der großen **Lebensökonomie** auch jedes Volk seinen Anlagen und seiner besonderen Mission gemäß ausleben müssen.

.....

Ob sich ihre Anschauungen als neue Erziehungsfundamente verwerten lassen, — ob nicht die große Masse unserer Jugend auf solchem Wege nur zu einer unreifen Mißachtung der Wissenschaft gelangen würde, ohne dafür eine gesteigerte Empfindung für die Kunst einzutauschen, ob wir nicht dadurch, anstatt Poesie zu verbreiten, vielmehr Gefahr liefen, einem allseitigen Dilettantismus Tür und Tor zu öffnen: — das sind Bedenken, die dem alten Pädagogen vergönnt sein müssen, ohne daß er sich, meine ich, deshalb als „Meister Zettel“ zu fühlen braucht.“

*Die Physik in ihren Beziehungen zur Kunst.* — Die Physik hat in ihren Gebieten der Akustik und Optik von jeher einige Beziehungen zur Kunst aufgewiesen, es handelt sich um Musik und Malerei. Diese Beziehungen erscheinen wenigstens in einigen Richtungen geeignet als Beispiel für die Art und Weise der Unterscheidung von intellektuellen und künstlerischen Momenten zu dienen:

Akustik und Musik haben das gemeinsame, daß sie das Reich der Töne behandeln; Optik und Malerei haben das gemeinsame, daß sie das Reich der Farben behandeln. Die Verschiedenheit der Behandlung liegt in der Wahl der Isolationszentren. Das Isolationszentrum für Akustik und Optik ist ein wissenschaftliches, das Isolationszentrum für Musik und Malerei ist ein künstlerisches.

Schließen sich nun, diese Fragen möchte ich aufwerfen, diese Isolationszentren aus, oder vertragen sie sich? Zur Beantwortung solcher Fragen muß man einen geschichtlichen Rückblick entwerfen.

Es ist Tatsache, daß die Musik schon lange innige Fühlung mit der Akustik hat. Die Lehre vom Generalbaß und von der Harmonie beginnt mit der Aufzählung der einfachen Tatsachen, von denen die Akustik aus dem Reich der Töne zu berichten weiß: daß der Ton aus Schwingungen besteht, und daß die Schwingungszahlen der Töne, welche eine Harmonie bilden, in sehr einfachen Zahlenverhältnissen stehen, bei denen die kleinen ganzen Zahlen eine Rolle spielen.

Das wissenschaftliche Interesse gegenüber dem Reich der Töne ist ein doppeltes; das physikalische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die außerhalb unseres Ohres im umgebenden Raum als reine Bewegungsvorgänge (Wellenbewegungen in der Luft) hervorgerufen durch die Ton- und Schallquellen vor sich gehen; das physiologische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die innerhalb unseres Ohres bei Aufnahme von Tonempfindungen vor sich gehen — und nicht allein das, es ist insbesondere auch den Vorgängen zugewandt, welche bei dem Übergang von der Umgebung in unser Ohr stattfinden. Man könnte noch ein drittes Interesse hinzufügen, das psychologische, welches den Übergang der physiologischen Vorgänge in unsere seelischen Vorgänge und dann diese letzteren seelischen Vorgänge im besonderen wieder zum Gegenstand der Behandlung hat — aber dieses dritte Interesse ist wohl schon das ästhetische, künstlerische.

Es gibt ein Werk aus Meisterhand, welches diese verschiedenen Isolationszentren wissenschaftlicher und künstlerischer Auffassung zum Gegenstand hat, das ist Helmholtz's Theorie der Tonempfindungen, ein Werk, das in wissenschaftlichen ebenso wie in künstlerischen Kreisen allseitige Anerkennung gefunden hat<sup>1)</sup>.

1) H. v. Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. 1. Auflage 1863. 5. Ausgabe 1896. — Der Originalität des Unternehmens von Helmholtz entspricht es, daß nicht alle seine Aufstellungen der

Und wie steht es mit Optik und Malerei? Die Geschichte weist fast das Gegenstück auf von dem, was ich über das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik berichtet. Es wird Goethe's Farbenlehre bekannt sein; es wird bekannt sein, daß in dieser Schrift Goethe in der leidenschaftlichsten Weise über die großen Verdienste herfällt, welche wir Physiker in der Farbenlehre dem großen Newton zuerkennen. Gerade mit durch Goethe veranlaßt, besteht bis heute in gebildeten Kreisen ein Gegensatz, der weit

weiteren Forschung Stand halten konnten: So sollte physikalisch nach Helmholtz das einem einzelnen musikalischen Instrument in der Gesamtheit seiner Klänge Charakteristische — *die Klangfarbe* — in der Existenz eines bestimmten, festen Intensitätsverhältnisses des Grundtons zu seinen Obertönen bei aller Mannigfaltigkeit der Höhenlage des Grundtons bestehen.

Die Königsberger Dissertation meines Schülers E. Herrmann, Über die Klangfarbe einiger Orchesterinstrumente und ihre Analyse 1908, führt dagegen aus: Das einem einzelnen Instrumentenklange Charakteristische besteht in der Existenz eines oder mehrerer dem einzelnen Instrument eigentümlicher *Resonanzmaxima*, wie solche durch den Resonanzraum des einzelnen Instruments gegeben sind. Resonanzraum einerseits, Lippe des Bläusers, bzw. Zunge des Blasinstrumentes oder Saite des Streichinstrumentes andererseits stellen ein *gekoppeltes System* im Sinne der Mechanik dar, welches *erzwungener Schwingungen* fähig ist. Diese erzwungenen Schwingungen setzen die Möglichkeit geringer Verschiebungen der Eigenfrequenz des Resonators voraus. Nach dieser Auffassung werden die die Resonanz anregenden Partialtöne (Grund- oder Obertöne) umso mehr verstärkt werden können, je näher sie dem Resonanzmaximum kommen. Die hervorragenden Partialtöne werden deshalb eine annähernd feste Lage in der Tonskala haben und geben zu sogenannten Schwebungen Anlaß, deren Sonderperiode in das Gebiet der sinnlichen Tonwahrnehmung des Ohres fällt und das Charakteristische des musikalisch Angenehmen anzumachen scheint. — Der Grundton kann auch bei den Klängen musikalischer Instrumente ganz zurücktreten. Der von Helmholtz geschaffene Unterschied zwischen dem musikalischen Klang eines Instrumentes z. B. der Violine und der menschlichen Gesangstimme läßt sich nicht aufrecht erhalten.

entfernt ist, sich das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik zum Vorbild zu nehmen.

Wie sollen wir Stellung nehmen? Es handelt sich nicht und kann sich hier auch gar nicht um einen Gegensatz handeln; es handelt sich um verschiedene Interessenkreise, um verschiedene Isolationzentren, die sich um so weniger ausschließen werden, je tiefer durcharbeitet sie sind, je weiter unsere Erkenntnis fortschreitet. E. Mach sagt sehr richtig: — „Kein Standpunkt hat eine absolut bleibende Geltung; jeder ist nur wichtig für einen bestimmten Zweck“. Newton sah die Farbenlehre von einem anderen Standpunkt an als Goethe; Newton nahm einen physikalischen Standpunkt ein, Goethe einen psychologischen, beide waren für ihre Zwecke berechtigt, aber die Polemik von Goethe gegen Newton war verfehlt, weil Goethe die Fähigkeit abging, den andern Standpunkt als berechtigt anerkennen zu können.

Ich kann hier wörtlich wiederholen, was ich oben von dem Reich der Töne gesagt:

Das wissenschaftliche Interesse gegenüber dem Reich der Farben ist ein doppeltes: Das physikalische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die außerhalb unseres Auges im umgebenden Raum als reine Bewegungsvorgänge (Wellenbewegungen im Äther) hervorgerufen durch die Farben- und Lichtquellen vor sich gehen; das physiologische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die innerhalb unseres Auges bei Aufnahme von Lichtempfindungen vor sich gehen — und nicht allein das, es ist insbesondere auch den Vorgängen zugewandt, welche bei dem Übergang von der Umgebung in unser Auge stattfinden. Wir können ein drittes psychologisches Interesse hinzufügen, welches den Übergang der physiologischen Vorgänge in unsere seelischen Vorgänge und dann diese letzteren seelischen Vorgänge im besonderen zum Gegenstande der Behandlung hat — und wir werden dieses dritte Interesse als ein wesentlich ästhetisches, künstlerisches bezeichnen.

Wir haben hier wieder der Tätigkeit des Mannes zu gedenken, der an dem friedlichen Nebeneinandergehen dieser Interessen gearbeitet hat: Helmholtz, und gedenken im besonderen seiner physiologischen Optik und seiner populären Aufsätze über „Optisches aus der Malerei“<sup>1)</sup>.

Und nun wollen wir im Geiste ein Konzert, eine Gemädegalerie besuchen. Was haben wir physikalisch da vor uns? Nichts als ein einförmiges Spiel von Bewegungen kürzerer und längerer Wellenzüge, die sich gegenseitig durchdringen und auf den ersten Blick einen an jeder Stelle des Raumes äußerst verwickelten Bewegungszustand darzustellen scheinen. Aber dieser Bewegungszustand scheint nur so verwickelt; er wäre es, wenn sich die Wellenzüge gegenseitig beeinflussen und stören würden, aber das tun sie nicht. Jeder Wellenzug bewahrt, so oft er auch unterbrochen scheint, seine charakteristischen Eigenschaften und läßt sich in diesen physikalisch nachweisen. Und was geht physiologisch in uns vor? Unsere Sinneswerkzeuge nehmen diesen langweiligen Wellenzügen ihre Einförmigkeit und zaubern uns aus diesen eine sinnlich erfrischende, reich belebte Wirklichkeit vor. Wie diese Übersetzung für unsere physiologischen, für unsere psychischen Zustände verständlich vor sich geht, das ist uns nur in vereinzelt Zügen bekannt; aber zu diesen vereinzelt Zügen gehört, daß wir in ihnen unsere Formen der Isolation und Superposition wiederfinden. Es ist Tatsache, daß vor allem unser Ohr bis zu einem gewissen Grade fähig ist, den verwickelten Zusammenklang von Instrumenten zu zerlegen.

Diese Formen der Isolation und Superposition, welche wir zunächst auf einem rein naturwissenschaftlichen Gebiete kennen gelernt haben, scheinen ihr Analogon ebenso in der

1) H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 1. Aufl. 1856. 60. 67, 2. Aufl. 1885—1896. — Optisches über Malerei. Umarbeitung von Vorträgen aus den Jahren 1871—1873. Vorträge und Reden. Zweiter Band 1884, S. 95—137.

Organisation unseres Körpers wie in der Organisation unseres Geistes zu finden. Sie scheinen auch schon von diesem Standpunkt für eine Erfassung des Geisteslebens von fundamentaler Bedeutung zu sein.

4.

*Rechtfertigung einer Aufnahme fachmännischer Auseinandersetzungen des Herrn Prof. Wendland-Göttingen über die Aufgabe der klassischen Philologie der Gegenwart und über die Geschichte der Bildungsideale im Altertum, in der Renaissance und im Humanismus.* — Mein Unternehmen, die Beziehungen der erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften zu dem Geistesleben der Gegenwart zur Darstellung zu bringen und dann weiter mit einigen Betrachtungen über Unterrichtsfragen zu schließen, würde Mißdeutungen ausgesetzt sein können, wenn ich nicht grade an dieser Stelle einem Vertreter der philologisch-historischen Richtung des Geisteslebens der Gegenwart das Wort geben wollte. Meine Aufgabe ist darauf gerichtet, Verständnis für die Bedeutung der Naturwissenschaften im Geistesleben der Gegenwart anzustreben — die Berücksichtigung anderer Kulturfaktoren darf aber dabei nicht außer acht gelassen werden.

Wenn es sich um Förderung von Bildungs- und dann von Unterrichtsfragen handelt, wenn — um mit Stumpf zu reden — als höchste Palme menschlicher Geistesarbeit der Zukunft vorschweben mag<sup>1)</sup>: eine die Natur- und Geisteswissenschaften gleichmäßig durchdringende Ideenwelt zu schaffen, gegenwärtig es sich aber nur darum handeln kann, Hindernisse aus dem Wege zu räumen und den Boden vorzubereiten, dann wird eine Darstellung des philologisch-historischen Kulturfaktors an dieser Stelle nicht unterdrückt werden dürfen, zumal sich mir eine außerordentlich will-

1) Wiederaufnahme des Zitates am Anfang des elften Vortrages S. 221.

kommene Gelegenheit bot, einem berufenen Vertreter der Altertumswissenschaft das Wort zu geben.

Das Unternehmen scheint heute viel aussichtsvoller als noch vor 15 Jahren, da ich die erste Auflage meiner Grundzüge schrieb. Seitdem haben sich in der Altertumswissenschaft durch die Überwindung des Klassizismus Wandlungen vollzogen, welche geeignet erscheinen möchten, Vertretern der Naturwissenschaften eine freundlichere Stellung gegenüber den Interessen der Altertumswissenschaft zu ermöglichen. Es erscheint das menschlich näher gerückt, was uns der Klassizismus als ein nur im Altertum erreichtes Ideal hinstellen wollte, dem alle Zeiten bedingungslos nachzustreben hätten, ohne es doch je wieder erreichen zu können.

Die klassizistische Anschauung, die im Altertum eine Einheit und das Ideal sah, die im Griechentum das ewig gleiche Muster echter Menschlichkeit verwirklicht fand, und in diesem Vorbilde der höheren Bildung aller Zeiten ihr Ziel gesteckt sah, hat durch die Arbeit der modernen Altertumswissenschaft einer tieferen geschichtlichen Auffassung das Feld räumen müssen. Die Bildungsideale haben auch im Altertum sich gewandelt und entwickelt, sie haben miteinander im Kampfe gelegen wie in moderner Zeit.

Ich bin Herrn Prof. Paul Wendland-Göttingen, mit dem ich seit Jahren in Gedankenaustausch über methodische Fragen der Wissenschaft und des Unterrichts stehe, zu besonderem Danke verpflichtet, daß er in bereitwilligster Weise mir seine Kraft und Arbeit für den vorstehenden Zweck zur Verfügung stellte. So lasse ich denn seine ursprünglich nicht für die Öffentlichkeit bestimmten Ausführungen weiter folgen.

*Aufgaben der klassischen Philologie der Gegenwart.* — Die klassische Philologie will zunächst wie alle Geschichtswissenschaft die Vergangenheit sehen wie sie gewesen ist, und insofern ist sie Reproduktion. Aber sie ist nicht nur



reproduktiv. Diese vergangene Geschichte hat für uns einen besonderen Wert, weil sie in gewissem Sinne unsere eigene (geistige) Vorgeschichte ist.

Alle geistige Arbeit will neue Kulturwerte erzeugen, aber sie ist auch, bewußt und unbewußt, durch die Bedingungen der gegebenen Kultur bestimmt. Notwendigkeit und Recht geschichtlicher Bildung beruht im letzten Grunde für uns auf der Tatsache, daß die moderne europäische Kultur keine autochthone, sondern eine übertragene und auf fremden Boden verpflanzte ist, daß die Kulturarbeit der modernen Völker zunächst nicht Produktion eines neuen Kultur Inhaltes, sondern Aneignung, Durcharbeitung, Formung eines gegebenen (antik christlichen) Inhaltes war.

Die zu ihrem modernen Umfange geweitete Altertumswissenschaft wächst immer mehr in ihre zweite aktuelle Aufgabe hinein, die Grundlagen moderner Kultur uns verstehen zu lehren, d. h. Fortleben und Fortwirken der aus der antiken Welt stammenden Faktoren und bewegenden Kräfte unserer Kultur aufzuweisen und damit zugleich die einheitliche Grundlage aller europäischen Kulturen zu erkennen.

Dazu kommt noch eine dritte Aufgabe, durch welche die Philologie in Beziehung zu den höchsten Aufgaben der Gesamtwissenschaft tritt. Alle Philologieen betrachten zwar zunächst Religion, Sitte, Recht, Staat, Literatur, Kunst jedes Volkes als Äußerungen desselben Volksgeistes und wollen das Gesamtbild des Volkes in seiner Einheit und in seinem innern Zusammenhange wieder gewinnen. Daneben hat aber jede dieser Äußerungen eine Betrachtung gefunden, die sie aus ihrem Zusammenhange mit der Kultur des einzelnen Volkes ablöst und mit den verwandten Äußerungen anderer Völker vergleicht.

Dieser Methode vergleichender Betrachtung ist zunächst die Sprache unterworfen worden. Das Ziel, welches indogermanische Sprachvergleiche sich stellte, Rekonstruktion der indogermanischen Ursprache, hat sich als Illusion ergeben. Aber

auf dem Wege zu diesem Ziele hat die Sprachvergleiche eine neue wichtigere Aufgabe gefunden und im wesentlichen gelöst; sie hat die Gesetze und Faktoren alles sprachlichen Lebens festgestellt. Die vergleichende Religionswissenschaft hat die urindogermanische Religion nicht entdecken können, weil sie nicht existiert hat, aber sie hat gewisse Grundformen religiösen Lebens und Gesetze seiner Entwicklung aufgewiesen. Dazu ist neuerdings die vergleichende Sitten- und Rechtswissenschaft getreten.

Für das ganze weite Gebiet dieser vergleichenden Wissenschaften sind die beiden alten Völker von besonderer, methodisch exemplarischer Bedeutung, weil wir hier den Ablauf einer langen Entwicklung von den primitiven noch heute bei Naturvölkern nachweisbaren Stufen an überschauen, und weil diese Entwicklung unser eigenes Volkstum stark beeinflußt hat.

All diese Vergleichung dient weiter der Aufgabe, die elementaren psychischen Funktionen und Gesetze, die Grundformen menschlichen Seelenlebens zu erschließen. Wer den letzten großen Versuch W. Wundt's zu einer Synthese des Gesamtwissens überblickt, der weiß, daß zu dieser Synthese eines selten vielseitigen Geistes die geschichtlich philologischen Wissenschaften nicht weniger beigetragen haben als die exakten.

*Enzyklopädisch-rhetorisches Bildungsideal der Sophistik.* — Das Zeitalter der athenischen Sophistik schafft zuerst ein höheres Bildungsideal, das sich über die Bedürfnisse des bisherigen elementaren Unterrichts erhebt. Es lohnt vielleicht zunächst, einen Blick auf die athenische Schule des 5. Jahrhunderts, ihren Unterricht, die Bildung, die sie vermittelte, zu werfen. Hat diese Schule doch sehr tüchtige Männer gebildet, die den Aufgaben ihrer Zeit durchaus gewachsen waren! Und es ist doch nicht zu übersehen, daß das vielgerühmte harmonische Menschentum mit ganz andern Mitteln

erstrebt und gewiß auch wirklich in hohem Maße erreicht wurde als mit denen, durch die der Humanismus es erneuern wollte.

Der Schreib- und Leseunterricht vermittelte zugleich eine gewisse Kenntnis schöner Dichterstellen und sinniger Sprüche sowie der im wesentlichen mythischen Volksgeschichte; Gymnastik, dann Musik und auch Zeichnen, das heißt also „Kunstpflege“ stand im Mittelpunkte der Erziehung. Es fehlte ein eigentlicher Religionsunterricht und zu einer Zeit, in der die Religion noch eine Macht im Leben war, war er auch überflüssig; es fehlte der Geschichtsunterricht, und es fehlte vor allem jeder Unterricht in fremden Sprachen; hat doch selbst der späteren griechischen Wissenschaft das Studium fremder Sprachen ganz fern gelegen.

Auch das höhere Bildungsideal der Sophisten hat diese drei Lehrgegenstände durchaus vernachlässigt. Das Bildungsideal der Sophisten ist enzyklopädisch; es ist im Grunde das erste Ideal „allgemeiner Bildung“, einer Allereiltsbildung: eine verschiedenartige Mischung aus etwas Ethik, etwas Politik, einigen Elementen der Wissenschaften stellt sich hier als die Wissenschaft dar, in deren Besitz man in einigen Jahren gelangen kann; der Sophist besitzt und vermittelt die Summe alles Wissens. Aber der Faktor, der alle Elemente dieser Bildung beherrscht, dem sich alle anderen Kenntnisse als Mittel zum Zweck unterordnen, ist die formale Bildung, die Rhetorik. Mit der Herrschaft über das Wort wollen die Sophisten ihren Schülern das Mittel zur Macht und zu einer herrschenden Stellung in der Gesellschaft geben.

*Philosophie und Wissenschaft im Gegensatz und Kampf mit formaler Bildung.* — Diese Durchschnittsbildung hat sich durch das ganze Altertum behauptet: denn sie war auf die Mittelmäßigkeit zugeschnitten und auf die Bedürfnisse des praktischen Lebens berechnet. Aber im Gegensatz zu dieser

Vulgärbildung und im Kampfe mit ihr haben im 4. Jahrhundert Plato und Aristoteles das Ideal echter Wissenschaft als einer unendlichen Aufgabe, für die der Forscher alle seine Kräfte und das ganze Leben einzusetzen hat, gewonnen, und sie haben die Philosophie als den architektonischen Aufbau der Wissenschaft aufgeführt. Der Gegensatz von Wissenschaft und allgemeiner Bildung, Spannung und Abstand von Forschung und Schulunterricht ist damit gegeben.

In hellenistischer Zeit lösen sich dann die Fachwissenschaften aus dem engen Verbande der Philosophie, der sie bisher eingegliedert waren, und erreichen im 3. Jahrhundert durch ihre isolierte Entwicklung ihre höchste Blüte. Die exakten Wissenschaften erfahren eine Vertiefung, die im allgemeinen nur noch wenigen Fachmännern die Teilnahme an der Arbeit und das volle Verständnis gestattet. Was von ihnen in den Schulunterricht eingeht, ist auch nach dem Stande des damaligen Wissens kümmerlich und oberflächlich. Die Bildung, welche durch den Jugendunterricht vermittelt wird, sucht im Ganzen nur die drei Stufen, die wir in der älteren Entwicklung auf einander folgen und nebeneinander treten sehen, zu verbinden: 1. Elementarunterricht, 2. Rhetorischer Unterricht, 3. Philosophie; das heißt der Knabe — für die Mädchen höherer Stände kommt in der Regel nur die erste Stufe in Anwendung — besucht nacheinander die Schule des Grammatikers, des Rhetors, des Philosophen.

Es ist ein Erfolg der durchschlagenden Wirkung der attischen Philosophie, daß die Philosophie jetzt ein selbstverständlicher Bestandteil höherer Bildung ist. Aber die Philosophie dieser Zeit hatte nicht mehr den weiteren Begriff und Umfang wie in attischer Zeit; sie begann den Kontakt mit den Fachwissenschaften völlig zu verlieren und eine einseitige ethisch-praktische Richtung einzuschlagen; in der Schule vollends mußte sie sich weitere Kompromisse mit den prak-

tischen Bedürfnissen und Abstriche gefallen lassen. So kam es, daß auch die hellenistische Bildungsweise unter der einseitigen Herrschaft formaler Bildung stand. Die Philosophen empfanden die Einseitigkeit und bekämpften sie.

Der Kampf zwischen formaler und philosophischer Bildungsweise, zwischen Rhetoren und Philosophen entbrannte von neuem, seit in der Erziehung der römischen Jugend sich ein hoffnungsvolles Arbeitsfeld hellenistischer Propaganda eröffnete. Aus dem 2. und 1. Jahrhundert v. Chr. kennen wir auf beiden Seiten viele Stimmführer in diesem Streite. Gesiegt hat schließlich die niedere formale Bildungsweise. Außer der menschlichen Bequemlichkeit haben viele Momente zusammengewirkt, diesen Ausgang herbeizuführen: 1. Die Bedeutung der Redekunst im öffentlichen Leben besonders Roms, — 2. Die Schriftstellerei paßt sich auf allen Gebieten dem niedrigeren Bildungsniveau der Römer an, — 3. damit hängt zum Teil zusammen die absteigende Entwicklung der Fachwissenschaften — nur die Mathematik zeigt, soweit wir sehen, rühmliche Ausnahmen: Diophantos und Pappos im 3. Jahrhundert n. Chr.

*Zweite Sophistik und Romantik.* — Die Antike endet mit dem vollen Siege der formalen Bildung, mit der Herrschaft der Rhetorik über die Schule wie über das Leben überhaupt (zweite Sophistik). Ein Zeitalter, das sich nur noch am Klange schöner Worte, an den Kadenzen der Rhetorik, am Kultus der Form berauscht, stellt sich selbst damit das Zeugnis aus, daß es neuen geistigen Gehalt nicht mehr zu produzieren vermag. Der Klassizismus ist ein Produkt dieses Zeitalters, des niedergehenden Altertums, das im Bewußtsein der Dekadenz und des Epigonentums in der griechischen Vergangenheit sein Ideal und in ihrer Wiederbelebung sein Ziel findet, das zuerst in der Rede, dann in Sitte, Frömmigkeit, in Denkungsart und Lebensformen überhaupt das Altertum erneuern wollte. Die reaktionäre Ro-

mantik konnte den Kampf mit dem Christentum nicht bestehen, das den Glauben an neue Ideale, die frisch aufstrebenden Kräfte des Volkstumes, schließlich auch die Überlegenheit der Bildung für sich hatte.

*Mittelalterliche Anfänge des Klassizismus und ihre Erstickung durch die Scholastik.* — Der Begriff des Klassizismus ist im Altertum gewonnen. Im Gefolge des zur Zeit des Kaisers Augustus siegreich durchdringenden Attizismus, der die alte Sprache als einzig mustergültige schulmäßig lehrt, entwickelt sich eine allgemeine Romantik, die ihre Ideale in der Vergangenheit sucht.

Im Osten ist dies rückwärts gerichtete Bildungsideal, wenn auch durch das Christentum modifiziert, doch durch die byzantinische Zeit hindurch eine Macht geblieben. Es hat hier Zeiten des Niederganges der Bildung, wie das 7. bis 9. Jahrhundert, gegeben. Dann werden aber die Beziehungen mit der Vergangenheit wieder fester geknüpft, das Erbe der griechischen Literatur erfreut sich erneuter Pflege, ein Zeitalter byzantinischer Renaissance beginnt.

Im Abendlande ist die Kulturentwicklung nicht so stetig gewesen wie im Osten. Die Invasion der germanischen Völker hat hier die Kontinuität zwar nicht abgebrochen, aber doch gestört und gehemmt. Es bedurfte langer Zeit, bis diese Völker in das Erbe antiker Bildung hineinwuchsen.

Die das römische Reich überlebende Kirche hat an ihnen eine große Erziehungsaufgabe erfüllt, aber sie konnte ihnen zunächst nur elementare geistige Kost darreichen. Die Pflege der lateinischen Literatur hatte sich in die Klöster zurückgezogen; ihr Genuß war nur wenigen zugänglich; die Kenntnis des Griechischen hatte im Westen fast aufgehört. Dann erlebt das Abendland in Karolingischer Zeit eine Art Renaissance; die Gelehrten bemächtigten sich wieder der noch vorhandenen Schätze römischer Literatur und beginnen

selbst in ihrer Nachahmung zu schaffen. Die kirchliche Reaktion und das Interesse der Scholastik an den *res*, welches die *auctores* zurückdrängt, erstickten diese Bewegung in ihren Anfängen.

*Renaissance und Humanismus in Italien.* — Folgenreicher ist die große Revolution, die wir mit dem Namen Renaissance und Humanismus bezeichnen. Es ist eine Bewegung, die aus den sozialen und politischen Verhältnissen Italiens, aus dem Antagonismus der kleinen Staaten, aus der Opposition gegen die Kirche und die Fesseln der Hierarchie und Dogmatik seit dem 14. Jahrhundert geboren ist. Der Persönlichkeitsdrang beginnt sich von den geltenden Autoritäten, von der kirchlichen Bevormundung zu emanzipieren. Die Bewegung verbindet sich mit der Entdeckung und Wiederbelebung der antiken Literatur und wird durch griechische Gelehrte, nach der Eroberung Konstantinopels besonders durch Flüchtlinge aus dem Osten, welche die dort nie unterbrochenen antiken Traditionen nach dem Abendlande tragen, verstärkt.

Das vollere und freiere Menschentum, das man suchte, findet man beim antiken Menschen, und die Vertreter der modernen weltlichen Lebensauffassung finden in den Alten ihre mächtigsten Bundesgenossen. Die Sehnsucht nach nationaler Einigung gewinnt neue Kraft aus dem Idealbilde der römischen Republik. Die italienische Renaissance war so sehr aus den inneren Bedürfnissen der Zeit, nicht nur aus künstlich geweckten Erinnerungen der Vergangenheit, sondern aus einer auf geschichtliche Traditionen und Gemeinschaft des Blutes gegründeten Verwandtschaft der Sinnesweise hervorgegangen, daß die ganze Bewegung auf südlichem Boden ihre natürliche und nationale Berechtigung hatte. Aber gerade darum war der Humanismus weit entfernt, ein geschichtlich treues Bild des Altertums gewinnen zu können. Er fand in der Antike das Menschheitsideal

wieder, das sich aus den tiefsten Seelenbedürfnissen der modernen Menschheit emporzurungen suchte.

Wer sich einbildet, daß dies Ideal erst aus der Berührung mit der alten Literatur künstlich erzeugt sei, der unterschätzt die innersten Kräfte und Motive dieser Revolution. Wünsche, Hoffnungen, Ideale der Gegenwart geben dem Bilde der Vergangenheit seine besondere Farbe und umweben es mit dem Zauber der Phantasie und dem Schimmer der Dichtung. Man projiziert das Altertum noch auf eine Fläche und die Kenntnis des Griechischen ist noch zu unzulänglich, um auch nur Wesen und Eigenart der beiden Völker fassen zu können. Man begeistert sich für griechische Schönheit, aber man sieht das griechische Wesen in der Perspektive, wie die hellenisierten Römer besonders Cicero es geschaut hatten. Dazu kam der dem Südländer angeborene Formensinn, der dem auf die obere Schicht beschränkten Humanismus bald eine einseitige Richtung auf schöngeistige Produktion in antiker Formensprache gab. Die formale Bildung überwucherte die im Humanismus gegebenen Keime und Ansätze zu wissenschaftlicher Erforschung des Altertums.

*Humanismus in Deutschland, Frankreich, England.* — Auf den Boden anderer Völker übertragen, konnte der Humanismus immer nur Sache der Erudition, nicht inneres Anliegen des Herzens sein. Hier fehlten die natürlichen Bedingungen und Anknüpfungen, wie sie auf italienischem Boden in Temperament, Volkstum, Kontinuität der geschichtlichen Traditionen gegeben waren. Hier barg der Humanismus als eine künstlich übertragene, nicht spontan erzeugte Bewegung die Gefahr, die natürlichen Kräfte des nationalen Lebens in fremdartige Bahnen zu leiten, eine tiefe Kluft zwischen dem Volkstum und der dem Volkstum feindlich gegenüber stehenden Bildung zu schaffen.

Da war es für Deutschland ein Glück, daß der Humanis-



mus hier auf eine religiöse Bewegung stieß, welche die innersten Kräfte der Volksseele ganz anders aufzuregen und zu befreien imstande war. Die deutsche Reformation hat ihm nur eine dienende Stellung eingeräumt. Er wurde ein Mittel zu dem Zweck, das Evangelium in seiner unverfälschten Reinheit wiederherzustellen. Die Pflege der alten Sprachen in den Schulen sollte wesentlich der Läuterung der Religion, der Verbreitung religiöser Erkenntnis dienen.

In der Aufgabe der weiteren Vertiefung der Altertumswissenschaft lösten sich die Völker ab. Es waren in Frankreich wie in England die Zeiten des nationalen Aufschwungs, wo man aus der befruchtenden Berührung mit dem Altertum eine Verjüngung und Vertiefung der Wissenschaft, der Bildung, des geistigen Lebens gewann.

*Neuhumanismus in Deutschland.* — Erst als Deutschland selbständiges geistiges Leben, seine nationale Dichtung, seine eigene Kultur gewann, war die Zeit für den deutschen Humanismus gekommen. Wiedersucht man ein neues, freieres, formenschönes Menschentum; man lehnt sich auf gegen die Fesseln, in die konventionelle Formen, einseitiger Intellektualismus und rationalistisches Regelwerk das geistige Leben eingeschnürt haben, und wieder verbindet sich das Streben nach einem neuen Menschentum mit den verwandten Kräften, die es im Altertum entdeckt. „Wenn wir uns dem Altertum gegenüberstellen und es ernstlich in der Absicht anschauen, uns daran zu bilden, so gewinnen wir die Empfindung, als ob wir erst eigentlich zu Menschen würden.“ (Goethe.)<sup>1)</sup>

1) Goethe, Sprüche in Prosa, Maximen und Reflexionen, sechste Abteilung. Nach freundlicher Mitteilung des Herrn Geh. Rat Baumgart-Königsberg stammt der Spruch aus „Makariens Archiv“, welches Eckermann in der „Ausgabe letzter Hand“ an den Schluß des dritten Teiles von „Wilhelm Meisters Wanderjahre“ brachte. In der ersten Ausgabe und in allen späteren Ausgaben der Wanderjahre steht der Spruch nicht. In der Publikation der „Schriften der Goethe-Gesellschaft“ von 1907: „Goethe, Maximen und Reflexionen“ steht der Spruch S. 145 Nr. 660.

Der Neuhumanismus kommt dem Verständnis des Altertums, besonders des Griechentums bedeutend näher; denn er ist ihm wirklich kongenial. Die Alleinherrschaft des Verstandes wird gebrochen. Herder erschließt das geheimnisvolle Walten des Volksgeistes in Glauben und Aberglauben, Sitte und Recht, Sage und Dichtung, Sprichwort und Fabel. Hier beginnt man das Seelenleben in seiner unergründlichen Tiefe, in der Weite seiner ursprünglichen Anlage, in der Bedeutung des Trieb- und Gefühlslebens, des Unbewußten zu fassen und sich selbst damit von der Einseitigkeit eines rein verstandesmäßigen Lebens zu befreien.

Das so bereicherte und erweiterte Menschentum, das man auf den früheren, vom Erbe der Vergangenheit nicht belasteten, nicht verstandesmäßig beschränkten Stufen der Völkergeschichte entdeckt und in sich erneuert, tritt in ein neues Verhältnis zur Natur. Die Sehnsucht nach der Natur, das Gefühl der Wesensverwandtschaft mit ihr, die Fähigkeiten, menschliche Stimmungen in ihr zu finden und in sie zu projizieren, der Drang zur Erweiterung des Menschendaseins durch Aufgehen in Natur und Welt, durch das Streben ins Unendliche wird eine neue Quelle der Ausweitung des Gefühlslebens und der Bereicherung dichterischer Phantasie. Die Erneuerung echter Menschennatur bringt sie der Allnatur näher.

Es war nicht zufällig, daß diese Bewegung in besonders enge Fühlung mit den Griechen trat. An der in hervorragendem Maße originalen Poesie der Griechen ließen Bedingungen und Wesen dichterischen Schaffens sich besonders klar fassen. Hier fühlte man sich mit Recht dem Urquell der Poesie nahe und meinte, die Sprache der Natur zu vernehmen. Und es war ein bedeutender Fortschritt, daß nun am Verhältnis Homer's zu Vergil der Unterschied schöpferischer und originaler Literatur der Griechen von nachahmender und abhängiger der Römer aufging, daß die Überlegenheit griechischer Formgebung erkannt wurde. Die

geniale Intuition Winckelmann's machte denselben wichtigen Schritt in der Schätzung griechischer Kunst, und seine Geschichte der alten Kunst enthielt in dem kühnen noch mit unzulänglichen Mitteln unternommenen Versuch, die organische Entwicklung der antiken Kultur zu zeichnen, wichtige Ansätze zu tieferer geschichtlicher Auffassung.

Die Höhe und Blütezeit der antiken Kultur hat der Neuhumanismus in ihrer Bedeutung gewürdigt, aber nicht nur geschichtlich gewürdigt. Daß die Bedeutung hellenischer Dichtung und der überragende Wert dichterischer und künstlerischer Produktion des 5. und 4. Jahrhunderts für die Menschheit erkannt wurde, daß das Hellenentum stark betont wurde, war ein großer Fortschritt. Erst dadurch wurde eine wissenschaftliche Philologie möglich. Aber auch hier gab der Glaube und das eigene Ideal dem Bilde des Altertums seine besondere Farbe, der Richtung der Forschung ihr Ziel. Die nationale Bedingtheit antiker Kultur wurde, wie die Bedeutung nationalen Lebens überhaupt, unterschätzt. Im Griechentum sollte das vollkommen harmonische Menschentum verwirklicht und zugleich als ewig gültiges Muster und maßgebende Form für alle Zeiten aufgestellt sein.

Aus diesen Anschauungen heraus ist die moderne Altertumswissenschaft, deren Anfänge mit der Geschichte unserer nationalen Literatur aufs engste verknüpft sind, geboren. Die Philologie erhielt ihre selbständige Stellung. Nun gewann das Altertum, besonders das griechische, eine ganz neue absolute Bedeutung. Aus diesen Anschauungen heraus ist das humanistische Gymnasium geschaffen worden, indem nun die alten Sprachen und Literaturen als Mittel wahrer Menschheitsbildung einen selbständigen Wert erhielten und aus ihrer untergeordneten Stellung gerückt wurden.

Der Neuhumanismus hat die Aufgabe veredelnder Erziehung und Menschheitsbildung mit großem Erfolge geleistet. Aber sein Menschheitsideal konnte doch nur die Bedürfnisse der Zeit befriedigen, für die es aufgestellt war.

Die Art, wie hier geschichtliche Tatsachen aus ihrer historischen Bedingtheit herausgehoben wurden und dogmatische, absolute Bedeutung gewannen, hielt der fortschreitenden geschichtlichen Forschung, zu der sich die Philologie entwickelte, nicht stand. Die Gefahr der Überschätzung des Ästhetischen hat schon Herder erkannt. Der allgemeine weltbürgerliche Charakter dieses Menschentums, vielfach zu extremem Klassizismus erstarrt, konnte vollends dem deutschen Volke, seit dem es die nationale Einheit und ein starkes nationales Selbstbewußtsein gewonnen hatte, nicht genügen. Die Arbeit an einer eigenen Kultur der Zukunft erschien als eine größere und lockendere Aufgabe als die Wiederbelebung einer vergangenen Kultur. „Die Deutschen, die sich ihr Reich gegründet haben mit Blut und Eisen, die sich mächtig behaupten wollen im friedlichen Weltkampf zu Wasser und zu Lande, können sich an dem Ideal von Bildung und Kultur nicht genügen lassen, das die Zustände des Baseler Friedens zur Voraussetzung hat.“ (v. Wilamowitz<sup>1)</sup>.)

5.

*Motivierung einer Aufnahme allgemeiner Betrachtungen über Unterrichtsfragen.* — Man wird in diesen Vorträgen Stellungnahme zu schwebenden Fragen des höheren Unterrichts (Gymnasium, Realgymnasium, Oberrealschule) nicht erwarten, aber ganz übergangen dürfen diese Fragen hier kaum werden, dazu erscheinen sie zu wichtig. Es fällt allerdings außerhalb des Rahmens unserer Betrachtungen in Einzelfragen schultechnischer Art einzugreifen, aber allgemeinere Fragen drängen sich hier auf; geht doch aus den erwähnten Lehranstalten der Teil des Volkes hervor, der an verantwortlicher

1) U. von Wilamowitz-Möllendorf in seinem Aufsätze: „Der Unterricht im Griechischen“ aus dem Sammelwerk von W. Lexis, Die Reform des höheren Schulwesens in Preußen, Halle a. S. 1902, S. 175.

Stelle die Zukunft des geistigen und sittlichen Lebens der Nation bestimmend und richtunggebend beeinflussen soll. Das Leben der Gegenwart erscheint durch so viele Faktoren bedingt, daß auch die Universitätslehrer in dem Bewußtsein, daß sie zunächst das Werk der Schule fortzusetzen haben, die Pflicht empfinden sollten — jeder von seiner Stelle und von seinem Fache aus — in dem Sinne und in der Richtung einzuwirken, welche dem von mir im siebenten und achten Vortrage behandelten Isolations- und Superpositionsprinzip angemessen erscheinen mag.

Denn das ist klar: es kann für die Allgemeinheit, für den Staat eine Behandlung in dieser Richtung nur wertvoll sein, so lange sie von dem Bewußtsein getragen ist, sich als organischer Teil in das Ganze einzufügen, dessen Bestand keinen Augenblick aus den Augen zu verlieren ist.

Dazu kommt die Fülle der Anlässe, die schon mit unserer Schulzeit beginnen und uns zum Nachdenken über Schulfragen anregen. Wir blicken zurück auf Eindrücke und Erfahrungen verschiedener Art, erfreuliche und unerfreuliche Erinnerungen, die wir während einer vieljährigen Schulzeit empfangen, blicken auf ein Chaos reformatorischer oder revolutionärer Schulprojekte, wie sie aus den verschiedensten Kreisen hervorgehen; wir erblicken aber auch organische Verbesserungen und schöpfen daraus die Hoffnung auf eine fortschreitend zweckbewußte Ausprägung der verschiedenen Schularten, auf eine harmonische Ausgestaltung verschiedener Bildungsweisen und Ideale.

Ich beginne mit Auseinandersetzungen des Herrn Prof. Wendland über die Antike als Mittel humanistischer und formaler Schulbildung sowie über das Verhältnis der modernen Altertumswissenschaft zum Schulunterricht, um dann mit eigenen Ausführungen zu schließen.

*Die Antike als Mittel humanistischer und formaler Schulbildung.* — Die rückschauende Betrachtung der antiken Ent-

wicklung ist auch für die Gegenwart lehrreich. Sie zeigt zunächst, daß der Klassizismus mit Recht den Widerstand der Vertreter anderer Wissenschaft durch seine Einseitigkeit hervorgerufen hat; denn er hat geschichtlicher Betrachtung nicht Stand halten können. Die moderne humanistische Bildung war jedenfalls etwas anderes als die Erneuerung des antiken Menschentums; wie hätte sie sich sonst so ganz anderer Bildungsmittel bedienen dürfen!

Wie die Antike als Einheit überhaupt nur moderner Betrachtung erscheinen konnte, die wie aus weiter Ferne einen großen Gebirgszug sah, ohne die Ausdehnung, die Unterschiede der Höhen, die Gliederung der Massen abschätzen zu können, so hat es auch im Altertum kein einheitliches Bildungsideal gegeben. Wir beobachten vielmehr verschiedene, nach den Bedürfnissen der Zeit, nach dem Stande des Wissens und der Entwicklung der Wissenschaft sich ablösende, durchkreuzende, bekämpfende Bildungsideale.

Die im Ablaufe der antiken Entwicklung besonders hervorstechenden Mängel des Schulwesens sind das Übergewicht formaler Bildung und das Zurücktreten der Fachwissenschaften. Sie sind bereits gegeben mit dem sophistischen Ideale der universalen Bildung. Denn eine Bildungsweise, die die Gesamtsumme des Wissens zu überliefern sich anheischig macht, ist stets in einem mit dem weiteren Ausbau der Wissenschaften wachsenden Maße genötigt, den Stoff des Wissens zu beschneiden, zu reduzieren und zu verflachen, und in dilettantischer Vielwisserei, die von allem etwas kostet, behauptet schließlich nur zu leicht die tönende Phrase die Herrschaft.

Auch heute noch ist jeder Versuch, die Summe der zeitgemäßen allgemeinen Bildung in gleichmäßiger Berücksichtigung aller Zweige des Wissens festzustellen und als verbindliche Norm der Schule, vielleicht mit gewisser Nuancierung ihrer Formen aufzuerlegen, der Gefahr ausgesetzt, daß der in der Theorie vielleicht durch gerechte Rücksicht

auf alle Komponenten der Gesamtbildung und durch das schwebende Gleichgewicht der Interessen sich sehr schön ausnehmende Begriff solcher Bildung in der praktischen Durchführung sich als Feind echter Bildung erweist, weil er Überbürdung, Zersplitterung, Dilettantismus, Halbwisserei und damit die Macht der Phrase fördert. Es ist die Klippe, an der alle Bestrebungen, die Arten der früheren Schulen zu uniformieren, gescheitert sind und scheitern müssen. „Eine universale Bildung, die durch ein allgemein anerkanntes Quantum von Wissen charakterisiert wäre, gehört unwiderfürlich der Vergangenheit an<sup>1)</sup>.“

Die philologische Bildung kann den Anspruch, alleinige Erzieherin zur Humanität zu sein, nicht aufrecht erhalten. Darf doch auch der Begriff dieses Menschentums nicht mehr als altgriechisch gelten.<sup>2)</sup> Durch die Berührung der stoischen Philosophie mit dem Römertum im Kreise der römischen Aufklärung gewonnen, wird er von der Renaissance wesentlich aus der römischen Literatur (Cicero) zu neuem Leben erweckt und im deutschen Humanitätszeitalter erweitert und vertieft.

Wie die Ansicht, die den Unterricht in den alten Sprachen als das geeignetste Mittel zur Verbreitung der Humanität ansieht, auf antike Traditionen zurückgeht, so auch die formale Wertung und Gestaltung des sprachlichen Unterrichtes. Eine ununterbrochene Kontinuität des Schulbetriebes hat die grammatische und rhetorische Tradition durch das Altertum und Mittelalter bis an die Schwelle der modernen Zeit geführt. Auch dem Laien kann die Tatsache dadurch zum klaren Bewußsein gebracht werden, daß grammatische und rhetorische Terminologie der modernen Völker die gleiche ist und sogar noch das Nebeneinander der griechischen und lateinischen Benennungen widerspiegelt, das

1) H. Vogt, Mathematik und Reformgymnasium. Lpz. 1907, S. 25.

2) R. Reitzenstein, Werden und Wesen der Humanität im Altertum. Universitätsrede. Straßburg 1907.

sich aus der Abhängigkeit der römischen Rhetorik von der griechischen und aus der größeren Selbständigkeit der römischen Grammatik erklärt.

Wie Euklid's Elemente lange Zeit den elementaren mathematischen Unterricht noch bei den modernen Völkern, so hat im Grunde das grammatische System des Dionysios Thrax (um 100 v. Chr.) den grammatischen Schulunterricht beherrscht. Die streng logische Auffassung der Sprache und ihrer Gesetzmäßigkeit beherrscht dies aus der Philologie der Alexandriner, die einseitig die Analogie verfolgte, unter Einfluß stoischer Dialektik hervorgegangene Kompendium. Die logische und formale Schulung des Geistes wird als der durch kein anderes Bildungsmittel ersetzbare Gewinn des Unterrichts in den antiken Sprachen, die lateinische Sprache besonders als das vollendetste Instrument logischer Darstellung bis in die Gegenwart hinein gepriesen.

Kein Wunder, daß die Einseitigkeit dieses Standpunktes längst den Widerspruch der Vertreter naturwissenschaftlicher Fächer hervorgerufen hat. Ich will nicht reden von Vorwürfen, die sich gegen Übelstände wenden, die nicht unvermeidlich und wo sie vorkommen, doch nur Schuld der Menschen sind: das Mißverhältnis der aufgewandten Mühe und des Erfolges, die allzu äußerliche Beurteilung der Schüler nach den schriftlichen Leistungen und der Zahl der Fehler, die Mißhandlung der Texte als eines *corpus vile* zur Demonstration grammatischer Regeln. Wesentlich solch einseitig formalistischem und scholastischem Betriebe schallt seit Herder immer wieder, besonders von Naturforschern, der Kampf ruft entgegen: Sachen statt Worte, lebendige Anschauungen statt abstrakter Begriffe!

Aber ein anderer Vorwurf trifft eine entschiedene Blöße vieler Vorkämpfer humanistischer Bildung. Die Überlegenheit formaler Bildung an den alten Sprachen über die modernen Fremdsprachen, scheint zwar unbestreitbar. In dem größeren Abstand der alten Kultur und Begriffswelt von der



modernen und der größeren Anstrengung des Umdenkens und Umformens, wie in der Verschiedenheit der jetzt geltenden Methoden und Ziele des Unterrichts ist sie begründet, und hat in der Geschichte sich glänzend bewährt. Aber die Ansprüche des Lateins, das vollkommenste Erziehungsmittel zu logischem Denken zu sein, können Mathematiker und Naturforscher mit Fug und Recht bestreiten. Sie können sich berufen auf die Logik ihrer Disziplinen, welche den menschlichen Geist fortgesetzt in die Schule unerbittlicher, keine Ausnahme duldender Logik nimmt. Vogt sagt a. a. O. S. 18 von der Wirkung des mathematischen Unterrichtes: „Sicher hat das auf Verständnis beruhende Wissen der Sätze seinen hohen Wert. Anschauung und Denkkraft werden in unvergleichlicher Weise geübt; der Einblick in dieses System von unbedingter Geschlossenheit, des einzigen in allem menschlichen Wissen, drängt den Schüler zur Achtung vor dem unerbittlichen Zwange des Gedankens. Erkennt er staunenden Sinnes, daß dieses Gedankensystem seine Herrschaft in die Welt der Dinge hinein erstreckt, daß wir den Umschwung der Planeten und Monde, die Schwingungen des Lichtstrahls und des Tons in mathematischen Gesetzen und Formeln begreifen, so steht er, wie einst Pythagoras und Plato, Kepler und Newton in heiliger Scheu vor diesen Gesetzen als vor Offenbarungen des göttlichen, die Materie beherrschenden Geistes.“

Wollte man den Unterricht in den alten Sprachen einseitig auf seinen logischen Bildungswert gründen, wie es im Kampfe der Parteien nicht selten geschehen ist, so könnten in dieser Richtung die exakten Wissenschaften den Vorzug für sich in Anspruch nehmen. Aber so wenig die logischen Tendenzen der Sprache zu unterschätzen sind, so ist doch die Erkenntnis der Unzulänglichkeit der Logik sprachlicher Ausdrucksmittel gerade eines der wichtigsten Ergebnisse und Förderungen moderner Sprachwissenschaft geworden.

Neben der logischen ist die umfassende psychologische Be-

trachtung zu ihrem Recht gekommen, seit man die Geschichte der Einzelsprachen und die natürliche, lebendige, nicht reflektierte Rede tiefer erforscht hat. Die Sprachwissenschaft hat, die gesetzgebende und logisch systematisierende Grammatik zurückdrängend, ein farbenreiches Bild vom Leben der Sprache und von den ihren Erscheinungen zugrunde liegenden psychischen Vorgängen gezeichnet, die so mannigfaltig sind wie das menschliche Seelenleben überhaupt. Die tiefere Auffassung der Sprache und der sie bewegenden Kräfte hat schon den Schulunterricht zu befruchten begonnen. In diesem Sinne gehandhabt ist der grammatische Unterricht nicht mehr allein Mittel zum Zweck oder, wie wohlwollende Gegner meinen, ein notwendiges Übel; er besitzt seinen ganz eigenen Bildungswert, indem er die Freude eignen Beobachtens und Vergleichens, die Fähigkeiten produktiver Arbeit und eigener Ausdrucksweise weckt und fördert.

*Verhältnis der modernen Altertumswissenschaft zum Schulunterricht.* — Die Tatsache, daß die moderne Altertumswissenschaft die Anschauungen von dem harmonischen griechischen Menschentum als absoluter Norm und von dem wesentlich formalen Bildungswert der Sprachen gewandelt hat, legt die Pflicht auf, die Frage scharf zu fassen: Was bedeutet das Altertum heute für unsere Kultur? Worauf gründet sich die Forderung, wenigstens für einen erheblichen Teil der höheren Stände die Einführung in die antike Welt als Grundlage der Jugendbildung festzuhalten?

Die Bedeutung der antiken Kultur für Geschichte und Kultur der modernen Völker ist der Rechtsgrund dieser Forderung. Daß heute noch Theologen und Juristen sich mit griechischen und lateinischen Schriften zu befassen haben, ist nur ein hervorstechendes, aber ganz äußerliches Symptom eines sehr viel tieferen geschichtlichen Zusammenhangs.

Die griechische Literatur hat die für alle Zeiten maßgebenden Kunstformen, Epos, Lied, Drama, Mimus, Novelle,

Roman geschaffen und damit den Grund gelegt, auf dem die römische wie alle modernen Literaturen ihr selbständiges Dasein gewonnen haben. Daß die höchsten Kunstformen der redenden wie der bildenden Künste während der nationalen Periode des Griechentums gewachsen sind, hat dieser Zeit den nicht ungegründeten Anspruch des Klassischen gegeben und bestätigt die Erfahrung, daß die bedeutendsten und originalsten geistigen Schöpfungen auf dem Boden eines kräftigen nationalen Lebens gedeihen.

Der Hellenismus nimmt dann die Kräfte des persönlichen Lebens und Tendenzen, die schon längst über den griechischen Stadtstaat und das an ihn gebundene Leben hinauswiesen, auf, führt sie zum Siege und zur freieren Entfaltung. Indem er das geistige Erbe der Vergangenheit seiner nationalen Beschränkung entkleidet, schafft er die erste Weltkultur, d. h. im wesentlichen unsere Kultur: denn alle Grundlagen unseres sittlichen, religiösen, rechtlichen Lebens, der ganze Gemeinbesitz der modernen Völker ist in dieser Zeit geschaffen worden. Die Kirche hat die Kontinuität dieses geistigen Lebens vermittelt; durch Renaissance und unsere klassische Literatur ist diese Verbindung erneuert, vertieft und enger geknüpft worden.

Unser Verhältnis zum Altertum ist durch die geschichtliche Betrachtung ein anderes, aber es ist nur ein engeres und festeres geworden. Die Geschichte des Altertums ist unsere eigene Vorgeschichte. Die ewigen Gegensätze der Weltanschauungen, Lebensauffassungen, Bildungsideale, die Grundformen des literarischen und künstlerischen Schaffens, die Grundbegriffe der Humanität und des Rechtes treten uns hier in klarer und durchsichtiger Gestaltung, die sich dem Verständnis leichter erschließt als das sehr viel kompliziertere Wesen moderner Kultur, entgegen.

Diesen Bildungstypus kann nur beseitigen wollen, wer den Satz bestreitet, daß der Mensch und sein Inneres immer

noch ein wesentliches Objekt menschlichen Denkens und Forschens ist. Und es fehlt nicht an Anzeichen, daß manche Vertreter exakter Wissenschaft heute diese innermenschliche Seite des Kulturlebens unterschätzen. Hat doch Ostwald kürzlich behauptet, daß die Philologen erfahrungsmäßig zur Entwicklung unserer Kenntnisse von der Welt und den Menschen nichts erhebliches beigetragen haben. Die Propaganda für eine künstlich gemachte Weltsprache, an der Naturforscher besonders lebhaft beteiligt sind, läßt jegliches Verständnis für die Bedingungen geschichtlichen Lebens vermissen. Mit überraschender Sicherheit behauptet von Borries<sup>1)</sup>: „Wenn man das Ziel unserer allgemeinen Bildung dahin feststellt, daß es gilt, Leute zu erziehen, welche unser heutiges Leben voll verstehen und im heutigen Leben gedeihlich zu wirken vermögen, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß vor allen Dingen die Anschauung, das Verständnis für die Maßverhältnisse, für wirkliche Vorgänge, für den Zusammenhang von Ursache und Wirkung weit mehr als bisher entwickelt werden müssen.“

Wenn diese Forderungen nicht nur für die technischen Berufe, sondern auch für die allgemeine Bildung überhaupt aufgestellt werden und in dem Zusammenhange die Unzulänglichkeit des bisherigen Unterrichts im allgemeinen behauptet wird, so scheint mir hier der eine Faktor unserer Bildung, Naturerkenntnis und technische Beherrschung der Natur, überschätzt, der innermenschliche für das heutige Leben zu gering gewertet zu werden. Es ist noch nicht

---

1) Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, 76. Versammlung zu Breslau, Sept. 1904. Diskussion über den naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterricht an den höheren Schulen. Leipzig 1905, S. 163. — Ähnliche Urteile zitiert A. Giesecke in seinem Aufsatz: Das humanistische Gymnasium und die Anforderungen der Gegenwart. Neue Jahrbücher für das klassische Altertum, Geschichte und Deutsche Literatur und für Pädagogik, herg. von Ilberg und Gerth. 22. Bd. Leipzig 1908, S. 241.

lange her, daß einer der Inhaber der Firma B. G. Teubner in den Neuen Jahrbüchern den Wert humanistischer Bildung nicht nur für die humanistischen, sondern auch für die Berufe des sogenannten praktischen Lebens mit Zeugnissen von Kennern bekräftigt und als seine Erfahrung behauptet hat, daß sie die für seinen eigenen Beruf erforderlichen Fähigkeiten zur Leitung eines technischen Betriebes besser entwickle, als eine andere Bildungsweise.<sup>1)</sup>

Das Leben fordert vom Gebildeten nicht nur Kenntnis der natürlichen Gesetzmäßigkeit; es erfordert ebenso und in vielen Berufen in höherem Maße ein Verständnis für die menschliche Psyche. Noch keine Bildungsweise hat bisher den geschichtlichen Beweis gegeben, daß sie in gleichem Maße wie die humanistische die besonderen Fähigkeiten zu entfalten vermöge, deren wir in der Behandlung menschlicher Dinge, in der Wirkung auf die Menschen und in einer andere Menschen leitenden Stellung bedürfen. Geschichtliche Bildung, die die Entwicklung der Menschheit in Sprache, Sitte, Religion, Recht, Literatur und Kunst verstehen lehrt, enthält sittliche Werte und Faktoren der inneren Charakterbildung, mit denen die exakten Wissenschaften — ihre andersartigen Vorzüge unbestritten — nicht völlig konkurrieren können. Für die allgemein-menschliche Bildung wird der Mensch immer das wertvollste Objekt bleiben.

Die Angriffe gegen das humanistische Gymnasium waren begründet, soweit sie sich gegen starren Formalismus und Überschätzung der normativen Bedeutung des Altertums richteten. Vielleicht werden die Vertreter der exakten Wissenschaften mit den neuen Zielen, die dem Unterricht gestellt und in der Praxis bereits angestrebt werden, sich eher befreunden. Werden doch hier Methoden und Wege eingeschlagen, die mit den Reformbestrebungen im mathematisch-

1) A. Giesecke in dem soeben zitierten Aufsatz: Das humanistische Gymnasium und die Anforderungen der Gegenwart, S. 246.

naturwissenschaftlichen Unterricht sich berühren! Eine Verständigung herbeizuführen, war der Zweck dieser Zeilen.<sup>1)</sup>

*Stellung der Mathematik im Unterricht der Schule.* — Der Plan dieses Werkes zeichnet mir vor, nicht etwa spezielle Stellung zu Fragen zu nehmen, die im öffentlichen Leben gegenwärtig im Vordergrund der Diskussion stehen. Mit einer gewissen Absicht will ich hier nur das wiederholen, was sich bereits in der ersten Auflage findet, und einige Aussprüche von Forschern anschließen, die mir gerade darum so beachtenswert erscheinen, weil sie aus ganz verschiedenen Zeiten stammen: Aussprüche von Jacobi (1846), Mach (1886), Poincaré (1904).

Unabhängig von allen Reformvorschlägen wird der mathematische Unterricht unter anderen Unterrichtsfächern wohl immer seine eigenartige — in gewissem Sinne isolierte Stellung behalten, und dies infolge der allgemeinen Überschätzung der Deduktion, die jeder Schulbetrieb zeitigt — eine Überschätzung, die wesentlich noch durch den stark ausgeprägten deduktiven Charakter der Mathematik überhaupt eine Verstärkung erfährt. Die Systematik der Anfangsgründe gerade mit ihren höchsten Ansprüchen an die Fähigkeit abstrakt denken zu können, widerstrebt dem jugendlichen Geiste, der mehr auf Anschauung drängt; der Schüler empfängt anfangs den Eindruck, als würden unnütz viel Worte gemacht, als würde leeres Stroh gedroschen; ihm ist das selbstverständlich, was der Lehrer sich zu beweisen abmüht. So dünkt es mich für den Anfangsunterricht pädagogischer, auf die strengste Systematik der geometrischen Anfangsgründe zu verzichten; das Verständnis für eine solche strenge Systematik setzt doch schon eine größere Reife voraus, um so lohnender würde es vielleicht gerade

---

1) Bis hierher reichen die Ausführungen des Herrn Professor Wendland-Göttingen.

in der obersten Klasse sein, darauf zurückzukommen. Die Schulgeometrie für Anfänger dürfte erst da mit Beweisen einsetzen, wo dem noch ungeschulten Geiste des Knaben wirklich ein Bedürfnis für einen Beweis vorzuliegen scheint. Wo das Erfahrungsmaterial des Schülers aufhört, da wird seine Aufmerksamkeit leichter geschärft sein zu achten, an welchen Stellen die Deduktion einsetzt.

In dem begleitenden Vorwort zu A. L. Busch, Vorschule der darstellenden Geometrie, führt Jacobi<sup>1)</sup> aus:

„Die Strenge der geometrischen Betrachtungsweise ist eine Erfindung der Griechen, welche dem menschlichen Verstande nur zur höchsten Ehre gereicht. Aber sie ist nur dem reiferen Knaben- und angehenden Jünglingsalter eine passende und gesunde Nahrung, und dann nebst der Grammatik eine wahre Zucht des Verstandes. Dem Knaben, dem diese Welt der geometrischen Formen noch eine gänzlich fremde ist, mit den ersten Vorstellungen, die man ihm davon überliefert, zugleich schon zumuten, sich darin in der Weise folgerechten Denkens nach systematischem Fortschritt zu bewegen, scheint keine gute Pädagogik. Ich schreibe diesem Mißverhältnis hauptsächlich das beachtenswerte Phänomen zu, daß zwar von den anderen Unterrichtsgegenständen eine Färbung, ein Interesse im späteren Leben zurückzubleiben pfl egt, von den mathematischen dagegen bei der großen Mehrzahl der Lernenden jede Spur bis auf die Erinnerung schwindet, während doch gerade diese Formen, diese Proportionen, deren Gesetzmäßigkeit und Zusammenhang den jugendlichen Scharfsinn beschäftigt hat, uns auch in der Folge fortwährend umgeben und ihre Fragen an uns richten. Pestalozzi hatte von dem einzuschlagenden Wege eine richtige Vorstellung, aber aus Mangel an positiven Kenntnissen konnte er seiner Methode keinen Leib

---

1) Wiederabgedruckt in Jacobi's gesammelten Werken, VII, Seite 331.

verleihen, ließ er sie im Ab- und Aufzählen der Stücke nach einem leeren Schematismus kombinierter Figuren verflattern. Ein Werk von der Tendenz und Ausführung des vorliegenden gibt dem mathematischen Gymnasiallehrer eine treffliche Anleitung, die Schüler mit jenen Begriffen und Formeln zuvörderst zu befreundenden, durch selbsttätiges Schaffen ihre Lust daran zu erregen, um dann das erweckte Bedürfnis eines vollkommeneren Verständnisses in der folgenden Altersstufe durch den strengen Beweis zu befriedigen. Selbst der, welchem nach dieser Seite hin nur geringe Fähigkeit zum folgerechten Schließen verliehen wäre, würde doch nicht ganz Schiffbruch leiden, sondern könnte sich einen wertvollen Besitz retten: die durch Anschauung und eigene Ausführung mit Zirkel und Lineal erworbene vertraute Erkenntnis geometrischer Formeln.“

In seinen „Beiträgen zur Analyse der Empfindungen“ führt E. Mach<sup>1)</sup> aus:

„Die Methode des Euklides ist gewiß vortrefflich für den Unterricht reifer Männer mit reicher geometrischer Erfahrung. Sie dient dazu, sich vor den möglichen Irrtümern zu schützen, die man kennen gelernt hat. Daß nach dieser Methode beim Jugendunterricht nicht noch schlechtere Erfolge erzielt werden, liegt nur daran, daß eben niemand ganz ohne geometrische Erfahrung in die Hände der Pädagogen gerät.“

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Äußerung von H. Poincaré in seinem Werk: *Der Wert der Wissenschaft*<sup>2)</sup>:

„Ich hatte schon Gelegenheit zu betonen, daß die Intuition ihren Platz im Unterricht der mathematischen Wissen-

---

1) E. Mach, *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*. Jena 1886, S. 165, Anmerkung.

2) H. Poincaré, *Der Wert der Wissenschaft*. Deutsch von E. und H. Weber, Leipzig 1906, S. 18.



schaft behaupten soll. Ohne sie wüßten sich die jungen Geister nicht in den Sinn der Mathematik zu finden, sie würden sie nicht lieben lernen, und darin nichts sehen, als ein leeres Wortgefecht. Besonders aber würden sie ohne sie nie fähig werden, die Mathematik anzuwenden.“

*Rückblick auf die Geschichte des gelehrten Unterrichts.* — Die Geschichte des gelehrten Unterrichts weist das Bild auf, daß von Zeit zu Zeit in das in bestimmten Formen der Deduktion erstarrende und verknöchernde Leben der Schule von außen her Bewegungen einsetzen, die wir nicht anders als Reaktionen bezeichnen können, hervorgerufen durch Anforderungen des Lebens und der Wissenschaft. Dieser Gegensatz zwischen Schule und Leben, welcher sich am Ende jeder Entwicklungsperiode der Schule einzustellen pflegt, dürfte in der Natur der Sache begründet sein: Auf der einen Seite kann es für die Schule nur naturgemäß und heilsam erscheinen, in einem gewissen Abstände den Fortschritten der Wissenschaft zu folgen — eine gewisse Sicherung und Abklärung der Ergebnisse der Forschung muß abgewartet werden. Auf der anderen Seite kann die Gefahr vorliegen, diesen Abstand zu stark anwachsen zu lassen.

Hand in Hand mit diesem Zwiespalt läuft der Gegensatz zwischen Überliefern und Entdecken, welcher in Betrachtungen wurzelt, wie wir solche im vierten und fünften Vortrage über Induktion und Deduktion angestellt haben. Es ist mehr als begreiflich, daß der Unterrichtsbetrieb der Schule, sobald ihm die anregenden induktiven Elemente entzogen werden, welche jederzeit dem Leben und der Geschichte der Wissenschaft entnommen werden können, in die Gefahr der Ausbildung einer besonderen Afterswissenschaft geraten kann, welche der engeren Beziehungen zum Leben, zur Wissenschaft und ihrer Geschichte entbehrt!

Die Schule drängt unwillkürlich die Mittel und Wege in den Hintergrund, auf welchen das zustande gekommen ist,

was sie lehrt; sie überliefert und beschränkt sich darauf. Das Leben hat beständig mit Mitteln und Wegen zu tun, um etwas zustande zu bringen.

An diesem Verhältnis wird in der Regel dadurch nichts geändert, daß der Weg zum Leben durch die Schule führt. Wer reflektiert gleich über die Dissonanzen, die ihm im Leben entgegentreten, wer geht ihnen nicht lieber aus dem Wege, oder setzt sich nicht möglichst bald über sie hinweg, schnell für das Eine oder Andere die Entscheidung ergreifend?

Aber indem die Mehrzahl der Menschen verabsäumt, bei diesen Dissonanzen länger zu verweilen, läßt sie sich gerade leicht Momente entgehen, welche geeignet sind, so erziehlich und fördernd zu wirken. Disharmonien sollen nicht gemieden, sondern aufgelöst werden; worin anders kann hier die Auflösung bestehen, als in der Harmonie, die zwischen Lehre und Wirklichkeit, zwischen Theorie und Praxis, zwischen Schule und Leben, zwischen Denken und Sein zu walten hat.

In der Tat wird sich eine tiefer gehende Differenz der Anschauungen zwischen Vertretern der Schule und der Universität in vielen Fällen kaum leugnen lassen. Wenn ich Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts durchgehe, glaube ich diese Differenz im wesentlichen auf den erkenntnismäßig verschieden eingeschätzten Wert der Induktion zurückführen zu müssen: Forschung und Forscher denken in der Regel sehr hoch von dem Wert der Induktion, Pädagogik und Pädagogen in der Regel gering — oder wenn sie etwas auf Induktion geben, verstehen sie darunter etwas anderes, als die Forschung darunter versteht.

Lehren kann und wird man nur einen hinlänglich durchgearbeiteten, geklärten Stoff. Wenn aber auch alle Resultate eines erfahrungsgemäß gegebenen Gebiets induktiv gewonnen sind, so wird doch beim Unterricht gerade darauf Wert gelegt werden müssen, in kürzester Zeit über den

Gegenstand zu orientieren, und dazu ist die deduktive Form die bei weitem geeignetste. Indem der Lehrer aus praktischen Zweckmäßigkeitsgründen in deduktiver Form den Unterricht handhabt, kann aber bei dem Lernenden leicht die Vorstellung erweckt werden, als sei diese deduktive Form des Unterrichts nun auch die Form, in der aller Wissensstoff gefunden werde.

Die Art, wie wissenschaftliche Wahrheiten gefunden und entdeckt wurden, steht tatsächlich in den bei weitem meisten Fällen im Gegensatz zu der Art, wie sie schon von den Forschern überliefert, vollends also, wie sie im Unterricht vermittelt werden und teilweise auch vermittelt werden müssen. Die Form, in der ein Fund gemacht wird, ist in der Regel induktiv, die Form, in der er mitgeteilt wird, deduktiv.

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat nach dieser Richtung vor anderen Unterrichtsgegenständen das voraus, daß er nicht so leicht zu einer einseitigen Überschätzung der Deduktion verleiten wird; erhält doch ein guter naturwissenschaftlicher Unterricht stets durch anschauliche Verbindung mit Naturobjekten und Experimenten die Beziehungen zu der Quelle aufrecht, aus der alles Wissen induktiv geflossen ist.

Wie man aber auch über diese Dinge denken mag: Reine Wissenschaft und streng wissenschaftliche Durchbildung ist und bleibt die beste Grundlage auch der Schulbetätigung. Denn Lehren ist eine Kunst und setzt außer natürlicher Befähigung völlige Beherrschung des Stoffes voraus, an dem sich die Kunst entfalten kann. Der Zauber der Wissenschaft besteht, und ihr Reiz enthüllt sich: nicht in der bloßen Mitteilung der Ergebnisse, sondern in der Verfolgung der Wege und der Art, wie die Ergebnisse gewonnen werden.

*Schwierigkeit der Stellung des Lehrers allen Unterrichtsfragen gegenüber. Entstehung einer besonderen Schulwissenschaft. —*

Die Stellung des Lehrers erscheint allen billigerweise zu erhebenden pädagogischen Anforderungen gegenüber unendlich erschwert: einmal durch Überfüllung der Klassen, welche es hindert, die belebende Wechselwirkung zwischen Lehrer und Schüler dauernd frisch zu halten, auf welche der Erfolg jedes Unterrichts angewiesen ist: sodann durch Überlastung des Lehrers mit Unterrichtsstunden und Korrekturen, welche dem Lehrer die Unmittelbarkeit der Kraft rauben muß, durch immer erneute Berührung mit der Wissenschaft zu ersetzen, was er an geistigen Kräften im Unterricht verbraucht, und sich so ein seelisches Gleichgewicht zu erhalten. In der Tat, die Anforderungen an einen guten Lehrer sind so erhebliche, daß es nicht allein notwendig erscheint, ihn nach den erwähnten Richtungen zu entlasten, sondern daß es in hohem Grade erwünscht sein muß, vorhandene Einrichtungen weiter auszubilden, wie solche die neuere Zeit z. B. durch akademische Kurse (Ferienkurse), wissenschaftliche Reisen einzuführen begonnen hat. Wenn man nur die guten Lehrer von den schlechten, die jede Entlastung mißbrauchen würden, scheiden könnte!<sup>1)</sup>

Die durch Überlastung geschaffene Macht der Tatsachen mag es auch sein, welche eine eigene „Schulwissenschaft“ erzeugt, die sich bei älteren Schulmännern leicht in Gegensatz zu der Mutterwissenschaft und ihrem Universitätsbetrieb stellt. Wir hören von einem solchen Gegensatz ebenso in der Altertumswissenschaft, wie in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Auch die maßgebenden staatlichen Behörden kennen die Ausbildung von Differenzen zwischen Schulwissenschaft und Wirklichkeitswissenschaft und suchen den sich ganz natürlich ausbildenden Gegensatz abzuschwächen, wenn sie z. B. früher regelmäßig, jetzt gelegentlich auf besondere Bestimmung des Ministers Abi-

---

1) Der Stand leidet darunter, daß es für den guten Lehrer keine Erhebung über das Milieu gibt.

abiturientenarbeiten den wissenschaftlichen Prüfungskommissionen zur Begutachtung vorlegen.<sup>1)</sup>

So erinnere ich mich noch, wie F. Lindemann (gegenwärtig in München) vor 25 Jahren — damals Professor der Mathematik an der Universität in Königsberg i. Pr. — im Anschluß an ihm vorgelegte mathematische Abiturientenarbeiten die Behörde darauf hinweisen konnte, wie erwünscht schon im Interesse einer Entlastung der Schüler die Abschaffung 7stelliger Logarithmentafeln sein würde.<sup>2)</sup> Auf seinem damaligen Einblick in den mathematischen

1) Ich verdanke Herrn Oberregierungsrat Prof. Dr. Schwertzell folgende Mitteilung: Bis zum Jahre 1885 sind bestimmungsgemäß die Abiturientenarbeiten nebst den Prüfungsverhandlungen regelmäßig den wissenschaftlichen Prüfungskommissionen in allen Provinzen zur Revision und Begutachtung vorgelegt worden, nachdem freilich schon 1861, wegen des immer mehr anwachsenden Stoffes die Vorlegung auf Teile des Prüfungsmaterials beschränkt worden war.

Durch Ministerialerlaß vom 15. Juli 1885 — abgedruckt bei Wiese, Verordnungen und Gesetze für die höheren Schulen in Preußen, 3. Ausgabe Teil I S. 441 u. f. — ist diese Bestimmung allgemein aufgehoben, doch hat sich der Minister vorbehalten, „so oft er dazu Anlaß finde, über das Verfahren oder die tatsächlichen Leistungen in einem einzelnen oder in allen Gegenständen der Reifeprüfungen, für den Bereich einer einzelnen Provinz oder der gesamten Monarchie das fachmännische Gutachten der wissenschaftlichen Prüfungskommissionen einzuziehen.“ So findet seitdem eine solche Begutachtung nur gelegentlich und auf besondere Bestimmung des Ministers statt; vorgelegt worden sind 1894 die deutschen Aufsätze, 1896 die lateinischen und griechischen Arbeiten, 1899 die neusprachlichen und zuletzt 1908 die lateinischen.

2) In der Tat waren damals in Ostpreußen noch trotz einer durch eine Verfügung des Provinzial-Schulkollegiums zu Königsberg im Jahre 1873 gegebenen Anregung fast in allen Gymnasien in Verkenntnis des wahren Genauigkeitsbegriffs 7stellige Logarithmen verbreitet. Später war es mein Studienfreund Prof. Dr. A. Schülke (gegenwärtig an der Oberrealschule auf der Burg in Königsberg), der unter großen Schwierigkeiten durch Tat, Wort und Schrift der Einführung zweckentsprechender 4stelliger Logarithmentafeln — nicht bloß in Ostpreußen — die Wege ebnete.

Schulbetrieb dürfte mit ein großer Teil seiner Rektoratsrede<sup>1)</sup> beruhen, in der er ausführt, wie wenig von dem eigentlichen Wesen der Mathematik auf der Schule zur Mitteilung kommt. „Das Wesen der Mathematik besteht nicht im Konstruieren von Dreiecken aus möglichst unpassend gewählten Stücken, nicht im Wälzen von Logarithmentafeln oder im Hersagen von trigonometrischen Formeln, so nützlich derartige Vorübungen auch sind; man kann ruhig sagen: wer heute unsere Gymnasien als Absolvent verläßt, hat nicht die geringste Ahnung davon, was Mathematik eigentlich ist, was sie leisten kann und was wir ihr verdanken; ihm fehlt ein großes Stück aus der Erkenntnis des Naturzusammenhanges, ihm fehlt gerade das, was die griechischen Philosophen als das Höchste anstreben und demgemäß heute als die höchste Errungenschaft preisen würden, dieselben Männer, deren Studium unsere Gymnasien über alles stellen! Verehren wir nur deshalb die Vorbilder des Altertums, um deren Beispiele nicht zu befolgen? Die Mathematik gilt heute an den Schulen nur als formales Bildungsmittel, als Turngerät für die Übungen des Geistes; daß sie den höchsten idealen Gehalt für unsere Erkenntnis des Weltganzen umschließt, daran wagt man beim heutigen Unterricht kaum zu denken.“

Dieser Gegensatz zwischen Schulwissenschaft und Universitätswissenschaft scheint mir vielmehr in der Natur der Sache begründet, als daß man hoffen könnte, ihn durch äußere Festsetzungen und Formen des Unterrichtsbetriebes — also durch Reglementierung vollkommen abzuschneiden. So wird, um mich des Ausdrucks des feinsinnigen Referenten über das Gebiet der Altertumswissenschaft auf der Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner zu Basel<sup>2)</sup> zu bedienen, auf dem strittigen Gebiet zwischen

1) F. Lindemann, *Lehren und Lernen in der Mathematik. Rede beim Antritt des Rektorats. München 1904.*

2) Ich habe den Vorträgen dieser Versammlung in dem anschließenden Abschnitt eine besondere Besprechung gewidmet.

Universität und Schule „die Schuld der Menschen, nicht der Institutionen“ im Vordergrund der Besprechung stehen müssen. Alles kommt auf die Person des Lehrers an — nicht nur im Religionsunterricht, für welchen das Harnack in seinem Referat über Geschichte und Religion mit Recht besonders betont.

*Universität und Schule. Vorträge auf der Versammlung Deutscher Philologen und Schulmänner am 25. September 1907 zu Basel, gehalten von F. Klein, P. Wendland, Al. Brandl<sup>1)</sup>, Ad. Harnack.* — Im Gegensatz zu früheren Zeiten, welche weder besondere Interessen der Universitätslehrer für die Schule noch besondere Interessen der pädagogisch wirkenden Lehrer für die Universität bekundeten, steht gegenwärtig die Erscheinung, daß Universität und Schule wieder ein größeres Interesse aneinander bekunden. Es ist mir nur fraglich, ob die theoretisch jedenfalls hoch erfreuliche Erscheinung einer Annäherung von Universität und Schule so, wie sie eingeleitet ist, auch pädagogisch praktisch brauchbare Resultate zeitigen wird.

Wenn ich die in Basel von Vertretern verschiedener Wissenschaften gehaltenen Vorträge sorgfältig durchgehe, so finde ich die Gegensätze, welche heutige Unterrichtsfragen durchziehen, innerlich keineswegs ausgeglichen, und der Vertreter der Mathematik dürfte sie unterschätzen. Er charakterisiert die aus der Hamburger Versammlung hervorgegangene Broschüre Wendland's<sup>2)</sup> mit den Worten: „Die Rivalität zwischen unseren Gebieten, und damit zusammenhängend der ganze Schulstreit, der mit seinem Lärm

1) Leipzig u. Berlin 1907 bei B. G. Teubner. — Man vergleiche auch die Gegenschrift von Ruska: Die neuere Philologie auf der 49. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner zu Basel (Leipzig 1908).

2) Paul Wendland, Schlußrede der 48. Versammlung Deutscher Philologen und Schulmänner nebst einem Zukunftsprogramm. Leipzig 1905.

sonst alles übertönt, ist hier ausgeschaltet und statt dessen entwickelt, wie viel neue Fragen und belebende Momente an den Schulunterricht durch eine mehr unmittelbare Beziehung zwischen Hochschule und Schule herangebracht werden können.“ Es entspricht auch meiner Überzeugung, was Klein hinzufügt, daß „im Grunde die Bedingungen für die verschiedenen Fächer ähnlich liegen, und daß dementsprechend die Vertreter des einen Faches von den Vertretern der anderen Fächer viel lernen können“ — aber ich müßte die Unwahrheit sagen, wollte ich diese Überzeugung gerade aus den in Basel gehaltenen Reden entnehmen.

Wie sonst, so möchte auch in Basel lediglich der Wunsch der Vater des Gedankens sein, wenn der Vertreter der Mathematik, der zugleich über Naturwissenschaft berichtet, mit seiner Auseinandersetzung rein äußerlicher Organisationsprojekte, mit seiner sichtlichen Vorliebe für enzyklopädisches Wissen, mit seiner Erklärung: die Zeiten des bloßen Individualismus sind vorbei, mit seiner Empfehlung einer Verstärkung der praktischen Betriebe, wenn es nicht anders sein kann, auf Kosten der theoretischen Vorlesungen — sich in Übereinstimmung glaubt mit dem Vertreter der Altertumskunde, der hinweist auf die stille Arbeit des Universitätslehrers, die nicht viel von sich redet, auf die individualisierende Leitung der Studien, die wertvoller ist als ein gedruckter Studienplan, auf die Notwendigkeit eines angeborenen Charisma des Lehrers und Erziehers, auf die Sokratische Kunst und die geistige Beweglichkeit, seine Gedanken der Fassungskraft der Schüler anzupassen. In diesen Ausführungen des Vertreters der Altertumskunde finde ich den Standpunkt der akademischen Freiheit des Lehrers in der schönsten Form zum Vortrag gebracht, in den Ausführungen des Vertreters der Mathematik vermisse ich ihn.

Bei solchen für mich offenkundig vorliegenden inneren Widersprüchen dürfte die Situation weniger geklärt als viel-



mehr verwirrt erscheinen, und die Behörde würde bedenklich handeln, wollte sie sich durch sonst wertvolle Eigenschaften von Personen, die in dem Bestreben neue Formen der Organisation zu projektieren und in Vorschlag zu bringen besondere Befriedigung empfinden, beeinflussen lassen, solchen offenkundig an inneren Widersprüchen leidenden Bestrebungen ein größeres Entgegenkommen zu schenken, als es die spätere Entwicklung der Dinge rechtfertigen möchte.

*Die deutschen Universitäten und ihre Zukunft.* — Es wäre Unrecht, an der Spitze der Betrachtungen über die deutschen Universitäten nicht hervorzuheben, wie unendlich viel die deutschen Staatsbehörden für die innere Ausgestaltung der Universitäten in den letzten Jahrzehnten getan haben. Die Freiheit besonderer Privilegien, die ihnen bei ihren Gründungen in feierlichen Formen zugestanden waren, mochte in alten Zeiten für Manches entschädigen, was die Universitäten heute besitzen und schwer vermissen würden, was als Mangel vielleicht früher weniger empfunden wurde: die reiche Ausstattung der Universitätsinstitute, Seminare, Bibliotheken. Es wird dies um so mehr hervorzuheben sein, als nicht verkannt werden kann, daß sich in der Stellung der deutschen Universitäten zu den maßgebenden Faktoren der staatlich regulierenden Prinzipie offenbar Wandlungen vollzogen haben.

Vom Mittelalter her besaßen die Universitäten autonome Verfassung, die sie auch bis zum Zeitalter des Absolutismus behielten. Dieser schränkte ihre Selbstverwaltung erheblich ein. Immerhin behielten sie ein beträchtliches Maß von Autonomie, mit dem sie auch in das neunzehnte Jahrhundert eintraten, und das nun nach der einen Richtung eingeschränkt — Beschränkung der eigenen Gerichtsbarkeit —, nach der anderen erweitert wurde — Ausbildung des Vorschlagsrechts.

Es kamen die Zeiten des Überganges in konstitutionelle Formen: die Bildung der Parlamente, die Zeit vor sechzig Jahren. Deutsche Universitätslehrer bildeten einen wesentlichen Bestandteil der Parlamente und leisteten innerhalb neu geschaffener Organisationsformen besondere Arbeit. So schien es nur zu natürlich, daß wenigstens eine Zeit lang die Universitäten, die früher von dem Wohlwollen der Monarchen getragen waren, sich besonderer Gunst parlamentarischer Körperschaften erfreuten. Als dann das Deutsche Reich als Abschluß jahrhundertlanger Wünsche und Hoffnungen, die zu pflegen deutsche Universitäten niemals aufgehört hatten, begründet werden konnte, verzeichnete die Geschichte der deutschen Universitäten einen edlen Wett-eifer in ihren weiteren Ausgestaltungen. Die Gründung der Kaiser Wilhelms-Universität Straßburg bildet auch äußerlich ein Merkmal für eine innere Glanzzeit im Leben der deutschen Universitäten.

Die Zeiten haben sich gewandelt. Universitätsprofessoren haben mehr und mehr Berufsparlamentariern Platz gemacht — soweit sie nicht selbst Berufsparlamentarier wurden. So, wie die Dinge heute liegen, kann man nicht mehr sagen, daß die Universitäten und ihre Institutionen in dem Maße wie früher von dem Wohlwollen der Parlamente getragen erscheinen. Man mag über die Geschichte der deutschen Parlamente denken, wie man will; das eine dürfte allgemein zugegeben werden, daß ein echt deutscher Idealismus die Jugendzeit des deutschen Parlamentslebens durchzog, der verloren gegangen zu sein scheint. Fast will es so scheinen, als sei auch der Idealismus der deutschen Universitäten gesunken.

Vor den älteren Universitäten erscheinen die technischen Hochschulen als jüngere Schwestern bevorzugt — eine Tatsache, die manchen Akademiker vielleicht in dem Streben bestärken, der Einführung technischer Fächer in den Universitätsbetrieb das Wort zu reden. Als Spezialität einer

Universität und als Versuch mag die Realisierung einer solchen Auffassung dankenswert erscheinen, aber die alte Auffassung, welche die Universitäten in ihrem deutschen Idealismus groß gemacht hat: die Wissenschaft um ihrer selbst willen unbekümmert um jede Nutzenanwendung zu pflegen, muß im Vordergrund des akademischen Lebens bestehen bleiben, das rein wissenschaftliche Element darf nicht in den Hintergrund gedrängt werden. Dazu kommen Bestrebungen, welche darauf gerichtet sind, die Universität in höherem Maße zu einseitigerer Vorbereitungsanstalt künftiger praktischer Berufe zu gestalten, als es die hervorragendsten Universitätslehrer früherer Zeiten — gleich groß als Forscher, wie als Lehrer — für angemessen befunden hatten.

Die Bewegungen der Gegenwart erscheinen so wenig geklärt und durchsichtig, daß es für die Behörde schwer ist, im Widerstreit der Tendenzen und Zeitströmungen eine bestimmte Initiative zu ergreifen. Es wäre auch verfehlt, hier mit der Zudringlichkeit, welche oft Agitatoren eigen erscheint, bestimmte Vorschläge zu machen. Hier kann nur die geschichtliche Entwicklung eine Stellungnahme an die Hand geben: im Sinne des Versuchs einer inneren Erfassung, nicht im Sinne äußerer Mache. Wird die geschichtliche Entwicklung der deutschen Universitäten mit ihren inneren Werten zu gering angeschlagen, wie das leicht bei äußerlichen Organisationsprojekten geschieht, dann wird unzeifelhaft Gefahr im Verzuge sein, daß auch innere Werte für das Geistesleben der Nation dabei leichten Herzens über Bord geworfen werden können, die keinesfalls verloren gehen dürfen.

Die deutschen Universitäten sind eine eigenartige Schöpfung spezifisch deutschen Wesens. Die Universalität — um nicht zu sagen Internationalität — der Wissenschaft scheint hier eine besondere Vermählung mit der Eigenart eines einzelnen Volkes eingegangen zu sein, und die geschichtliche Entwicklung hat diese Vermählung als einen besonderen Segen für das deutsche Volk erkennen lassen. Andere Nationen haben

diese eigenartigen organischen Gebilde nachzuahmen versucht, ohne daß es ihnen gelungen wäre, etwas Gleichartiges zu erreichen oder auch nur an die Stelle zu setzen.

Es kann sich hier nicht um chauvinistische Anwandlungen handeln. Die intellektuelle Eigenart auf hoher Kultur stehender Völker, wie es Deutsche, Franzosen und Engländer sind, wird weniger der Nachahmung als vielmehr der Vertiefung und inneren Verarbeitung bedürfen, um der Wissenschaft, der Kultur und Zivilisation der Menschheit zugute zu kommen. So führt ein wahrer Kosmopolitismus über das Nationalitätenprinzip und bereichert die Gesamtkultur der Menschheit durch die wetteifernde Arbeit der verschiedenen Völker.

Wo die Pflege der ideellsten Güter für ein so ideal angelegtes Volk, wie es das deutsche Volk ist, in Frage steht, da wird es in erster Linie auch darauf anzukommen haben, diese Seite einer ausgesprochenen Veranlagung besonders zu pflegen. Will die heutige Pädagogik mehr als früher an die individuelle Begabung des Einzelnen knüpfen, so wird auch eine weise deutsche Universitätspolitik ebenso in erster Linie an die individuelle Begabung und Eigenart des deutschen Volkes anzuknüpfen haben — nicht im Sinne einer beschränkten Abschließung, aber zu dem Zweck: die der Natur der Anlage entsprechende höchste Leistung zu erzielen. Das wird zugleich der Weg sein, das geistige Leben der Völker enger aneinander zu schließen und dem einzelnen Volke die Wege zu einer höheren Einschätzung auch seitens anderer Völker zu ebnen. Das wird zugleich der Weg sein, die eigenartige Schöpfung deutscher Universitäten, der das deutsche Volk bisher so sehr viel verdankt, weiter in voller Reinheit und Schöne im Sinne einer inneren geschichtlichen Entwicklung zu immer besserem Ausdruck zu bringen.

Das moderne Leben mit seinen vielen äußeren unumgänglichen, aber nicht immer erfreulichen Betätigungen, welche das öffentliche Leben gezeitigt hat, — das wohlfeile, laute und aufdringliche Kongreßwesen mit der mehr oder

weniger betriebenen offenkundigen, fast zur Gewohnheit gewordenen Gepflogenheit, alle Beratungen auf Petitionen an die Regierungen zuzuspitzen, — die Begleiterscheinung des Stolzes, welcher Teilnehmer eines Kongresses sich über Nichtteilnehmer erheben läßt, steht in der Mehrzahl der Fälle doch wohl gar zu sehr im Gegensatz zu der — ihrem inneren Wesen nach — stillen, äußerlich wenig in Erscheinung tretenden Arbeit jedes guten Lehrers — mag er auf Schule oder Universität wirken. Kongresse sind ein höchst willkommenes Mittel als Vorarbeit für eine ruhige und gründliche gegenseitige Aufklärung der Vertreter verschiedener Ideale und Richtungen, sie sind ein höchst willkommenes Mittel persönliche Beziehungen zu knüpfen und zu pflegen, aber sie überschätzen in der Regel ihre Bedeutung, wenn sie allzu schnell sich bereit finden, Resolutionen zu fassen, in der Absicht, nach außen Eindruck zu machen. Zahl und Gewicht der Stimmen, das wahre Verhältnis der Majorität und Minorität aller Interessierten bleibt dabei im Unklaren oder wird unabsichtlich oder geflissentlich verdunkelt. Alle diese, durch sehr viele äußere Zufälligkeiten bedingten Umstände können gerade nicht geeignet erscheinen, den Blick der hier maßgebenden Faktoren zu klären.

Die Staatsregierungen sollten sich freuen, daß sich auf Universitäten geschichtlich verschiedenartige Verhältnisse gestalten können und einer solchen historischen Entwicklung bis zu einem gewissen Grade Rechnung tragen, statt den Tendenzen allzuweit zu folgen, welche darauf gerichtet sind, für alle Universitäten allzu übereinstimmende Normen aufzustellen. Wenn die Behörde auf dem Gebiete der materiellen Universitätsinteressen, wie sie es getan hat, für Verschiedenheiten eintritt, dann sollte sie es auf dem Gebiete der ideellen Interessen erst recht tun!

Noch hat sich immer in Deutschland — richtig verstanden — der Grundsatz der akademischen Freiheit als

natürlicher Schutz gegen alle das wahre Wesen deutscher Universitäten gefährdenden destruktiven Tendenzen — sie mochten noch so gut gemeint sein — erwiesen. Die akademische Freiheit wird auch die Akademiker überdauern, welche nur zu leicht geneigt sind, diese Freiheit für Sonderinteressen und Organisationen eigener Art in Anspruch nehmen zu wollen.

Die Zeiten des Individualismus sind noch lange nicht vorbei, am allerwenigsten für die deutschen Universitäten. Auf der Individualität als der unerschöpflichen Quelle immer neuer und tiefer Erfahrungen und den ihr zugrunde liegenden induktiven Elementen hat bisher noch immer jeder wissenschaftliche Fortschritt beruht, auf ihr beruht auch die Zukunft der deutschen Universitäten.

Ich schließe mit einem Worte, das ich einem Aufsatz von Savigny über „Wesen und Wert der deutschen Universitäten“ aus dem Jahre 1832 entnehme (abgedruckt im vierten Bande seiner vermischten Schriften, Berlin 1850, S. 292):

„Die Universitäten sind auf uns als ein edles Erbstück früherer Zeiten gekommen, und es ist für uns eine Ehrensache, ihren Besitz womöglich vermehrt, wenigstens unverkürzt, den kommenden Geschlechtern zu überliefern.“

## ANHANG.

### **Weitere Beiträge zur erkenntnistheoretischen Würdigung des Systems der Newton'schen Mechanik.**

Unter den Erweiterungen der neuen Auflage meiner „Erkenntnistheoretischen Grundzüge“ nimmt die Behandlung der Grundbegriffe und Grundsätze des Systems der Newton'schen Mechanik einen erheblichen Raum ein. In dem sechsten Vortrage habe ich versucht, die Grundlagen dieses Systems an der Hand durch die Entwicklung der Wissenschaft gegebenen Anregungen weiter zu studieren und dabei vorgezogen, nicht wie Newton mit seinen Definitionen zu beginnen, sondern die Begriffspostulate des Raumes, der Zeit und der Masse an die Spitze zu stellen. Unter dem Gesichtspunkte, daß ein wissenschaftliches System, wie das Newton's, nur in seinem ganzen Zusammenhang, in seiner Gesamtheit und Geschlossenheit begriffen und aufgefaßt sein will und kann, habe ich an die vorangestellten Begriffspostulate angeknüpft und erst in Verbindung mit diesen die Erläuterungen angeschlossen, welche die Stelle der Newton'schen Definitionen vertreten. Eine solche Darstellung hat manches für sich, um von vornherein die besondere Stellung der Grundbegriffe innerhalb des wissenschaftlichen Systems zur Anschauung zu bringen.

Bei der Bedeutung des Newton'schen Systems und bei der Schwierigkeit seiner Beurteilung für den philosophisch interessierten Laien, welche durch eine Reihe scheinbar kritischer Darstellungen während der letzten Jahrzehnte nach meiner Wahrnehmung eher eine Verwirrung als eine

Klärung gebracht hat, erschien es mir keineswegs überflüssig, meinen gegenwärtigen Auseinandersetzungen den Abdruck zweier älterer Aufsätze aus den Jahren 1898 und 1901 hinzuzufügen, in denen die Entwicklung sich mehr der Disposition und Gedankenreihenfolge Newton's selbst anschließt, wie sie selbstverständlich nur aus dem Zustande der Wissenschaft vor zweihundert Jahren begriffen werden kann. Ich habe um so lieber von der Erlaubnis eines Wiederabdrucks der erwähnten Aufsätze Gebrauch gemacht, als sich dabei besser Gelegenheit zu Auseinandersetzungen mit einigen Autoren bot, als das in der Richtung der Aufgabe meiner „Erkenntnistheoretischen Grundzüge“ gelegen hätte.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, wie solche vorgekommen sind und wie solche nunmehr wohl auch durch die Entwicklung des sechsten Vortrages ausgeschlossen werden, will ich noch besonders bemerken, daß es sich bei meinem Studium Newton's selbstverständlich niemals um eine Vorliebe für das Alte oder um ein übertriebenes Festhalten an dem Alten oder um eine uneingeschränkte Wertschätzung der Leistungen Newton's handeln konnte. Der Zweck dieser Aufsätze hat vielmehr die Richtung, das Werk Newton's in sich als solches zur Anschauung zu bringen und als erstklassige Fundgrube gerade erkenntnistheoretischer Studien und Untersuchungen, die naturgemäß mit historischen Studien und Untersuchungen parallel laufen müssen, zu erweisen. Daß das weitere Studium der Natur die Auffassung Newton's in dem einen oder anderen Punkte schon berichtigt hat oder noch berichtigen wird, ist eine aus der Eigenart naturwissenschaftlicher Forschung begreifliche, so selbstverständliche Sache, daß es kaum nötig erscheint, darüber noch besonders Worte zu verlieren.

Durch die beiden folgenden, wiederabgedruckten Aufsätze soll noch ein besonderer Zweck verfolgt werden: an



einem Beispiele zu zeigen, wie außerordentlich gering die Fähigkeit späterer Geschlechter entwickelt ist, führenden Geistern vergangener Zeiten gerecht werden zu können. Man wird ja allerdings diese Fähigkeit in erster Linie von Historikern fordern müssen; aber die Entwicklung, welche die erkenntnistheoretische Richtung auf allen Gebieten der Wissenschaft genommen hat, weist mit Gewalt auf geschichtliche Studien und damit auf Fähigkeiten des Historikers.

Geistig besonders hochstehenden Forschern, wie es Boltzmann und Hertz waren, deren Leben durch eigenartige Schöpfungen besonders reich erfüllt war, wird und darf man einen Mangel an derartigen Fähigkeiten nicht allzusehr nachtragen. Das ungerechte Herabsehen auf Anschauungen und Auffassungen früherer Zeiten — ich denke dabei an die physikalische Wissenschaft am allerwenigsten — ist ein besonderes Zeichen entweder einer *genialen Navität* oder einer *aurea mediocritas*, was ich hier mit bequemer Mittelmäßigkeit übersetzen möchte — eine Mittelmäßigkeit, die sich nicht bloß in vulgären Auseinandersetzungen so gerne bemerkbar und breit macht, sondern die sich auch in allen Fällen eine der Wahrheit, Wirklichkeit und ihrer Geschichte gar nicht entsprechende Unterlage schafft, um dem eigenen, kleinen *ingenium* ein künstliches Relief gewähren zu können.

Der erste der erwähnten Aufsätze: „Über Newton's *Philosophiae naturalis principia mathematica* und ihre Bedeutung für die Gegenwart“ ist unter dem Eindruck der „Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik von Boltzmann 1897“ als eine Art Gegenäußerung erschienen — nicht in dem Sinne, daß die Ausführungen Boltzmann's nicht höchst beachtenswerte und interessante Partien enthielten, wohl aber in dem Sinne, daß die Tendenz der Boltzmann'schen Darstellung als in einer Richtung liegend aufgefaßt werden kann, die erkenntnistheoretisch befriedigen soll, und die doch gerade den hier erkenntnistheoretisch zu stellenden Ansprüchen wenig gerecht wird.

War dabei die Veranlassung der Darstellung von Boltzmann eine Folge und Reaktion gegenüber den „*Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt von H. Hertz 1894*“, so lag es mir um so mehr nahe, nunmehr auch von meinem Standpunkt aus eine Gegenäußerung zu der Auffassung der historischen Mechanik von Hertz zu versuchen, als unter den kritischen Besprechungen der Mechanik Newton's die von H. Hertz eine besondere Stellung einnimmt. Hertz weist in der Aufstellung und Erläuterung der Grundlagen seiner eigenen Mechanik und Physik mancherlei Ähnlichkeiten mit Newton auf; um so auffälliger berührt es, daß Hertz die Grundsätze, welche er für sich selbst in Anspruch nimmt, nicht genügend gegenüber Newton gelten läßt — dazu gehört vor allem die Forderung: ein System nur aus seinem gesamten Zusammenhang heraus aufzufassen und zu begreifen. Es wird zu berücksichtigen sein, daß die Urteile von Hertz nicht auf gründlichen historischen Studien beruhen — solche hatte wohl Hertz in seinem kurzen Leben anzustellen kaum Gelegenheit und Veranlassung — sondern mehr auf Eindrücken eines undefinierbaren *Mixtum compositum* einer verbreiteten Auffassung. Dem Wunsche, an Stelle dieses künstlichen, wertlosen Gebildes lieber die Quellen zu setzen und reden zu lassen, ist mein Aufsatz entsprungen: „*Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre Kritik durch Hertz 1901.*“

Die Mitteilung über Veranlassung und Herkunft der beiden Aufsätze wird — denke ich — die wenigen Wiederholungen, welche durch den Wiederabdruck bedingt waren, um so mehr rechtfertigen, als es sich bei der besonderen Eigenart, Sprödigkeit und Schwierigkeit der Materie empfahl, auf eine Reihe von Auseinandersetzungen zurückzukommen, die von so hervorragenden Autoren wie Hertz und Boltzmann angeregt waren.

---

**Über Newton's  
„Philosophiae naturalis principia mathematica“  
und ihre Bedeutung für die Gegenwart (1898).**

Vorträge, gehalten in den Sitzungen der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. am 13. Januar und am 5. Mai 1898  
Mit Erlaubnis des Vorstandes der Gesellschaft von neuem abgedruckt  
aus den Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu  
Königsberg i. Pr. 39. Jahrgang. 1898. Abhandlungen S. 1—17.

I

*Einleitung. Stellung der Aufgabe.* — Hertz hat in der Einleitung zu seinen nachgelassenen Prinzipien der Mechanik uns drei Bilder der Mechanik — wie er es nennt — vorgeführt und diese verglichen hinsichtlich der Zulässigkeit, der Zweckmäßigkeit und Richtigkeit. Die Bilder hinsichtlich der Zulässigkeit und Zweckmäßigkeit gleichgestellt, macht er die Bemerkung, daß nur das eine oder andere Bild richtig sein kann. Hertz bemerkt, daß die Entscheidung zu Gunsten des einen oder anderen Bildes voraussetzt, daß die vorhandenen Möglichkeiten nach allen Richtungen hin gründlich erwogen seien.<sup>1)</sup>

Während Hertz es als Zweck seiner Arbeit bezeichnet, die Möglichkeit einer solchen Entscheidung nach einer besonderen Richtung im Sinne seines dritten Bildes vorzubereiten, stellt Boltzmann sich in seinen Vorlesungen über Mechanik zu demselben Zweck die Aufgabe, die alten Bilder

---

1) H. Hertz, Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. 1894. S. 49.

der Mechanik so klar und konsequent wie möglich zu entwickeln.<sup>1)</sup>

Die nachfolgenden Studien knüpfen gleichfalls an diese von Hertz präzisierten Aufgaben, ihr Zweck ist im besonderen, die alte Mechanik in der Richtung, in der sie Newton darzustellen versucht hat, von neuem in einigen Zügen zur Anschauung zu bringen und zu präzisieren. Die einschlägigen neueren Schriften über Mechanik haben in der mannigfaltigsten Weise zu derartigen Präzisierungen des Newton'schen Standpunktes Anregung geben können. Wo ich solche versucht habe, hat es mir gänzlich fern gelegen, Präzisierungen der Mechanik in anderer Richtung entgegenzutreten, ich betrachte solche vielmehr im Sinne von Hertz und Boltzmann durchaus für wünschenswert, ja für notwendig; nur eine konsequente Durcharbeitung und Präzisierung der einzelnen Standpunkte in sich und ihre Vergleichung kann die Entscheidung zu Gunsten oder Ungunsten einzelner Bilder vorbereiten.

Man kann die Frage aufwerfen, ob die Aufgabe, die Mechanik vom Standpunkte der Newton'schen Prinzipien zu präzisieren, in Hinblick auf die spätere, daran anschließende Entwicklung glücklich gewählt ist. Über die Bedeutung von Newton's Prinzipien für die Geschichte der theoretischen Physik, insbesondere der Mechanik, kann ja und hat ja allerdings wohl niemals der geringste Zweifel bestanden. Anders liegt die Frage, ob heute nach zweihundertjähriger Entwicklung der Wissenschaft, nach den großen Leistungen eines Lagrange und Hamilton Newton's Prinzipien noch gegenwärtig der theoretischen Physik Richtung und Ziel vorschreiben können, oder ob wir es hier mit einem Standpunkt zu tun haben, der vor zweihundert

---

1) L. Boltzmann, Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik. Teil I. 1897. S. 4.

Jahren berechtigt, ja vielleicht naturgemäß und notwendig war, der aber heute im großen und ganzen als von der Entwicklung überholt und überwunden zu bezeichnen ist.

Die Urteile der Fachgenossen über die Bedeutung von Newton's Prinzipien für die Gegenwart sind in der Tat geteilt. Thomson und Tait<sup>1)</sup> äußern sich in ihrem benannten Handbuch der theoretischen Physik Artikel 206: „Die Einleitung zu den Prinzipien enthält in äußerst durchsichtiger Form die allgemeine Grundlage der Dynamik. Die darin niedergelegten *Definitiones* und *Axiomata sive Leges motus* erfordern nur einige durch spätere Entwicklungen gewonnene Erweiterungen und erläuternde Zusätze, um für den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft zu passen und eine weit bessere Einleitung zur Dynamik zu bilden, als sogar in einigen der besten neueren Lehrbücher sich vorfindet“ — und Artikel 242: „Wir werden die *Axiomata sive Leges motus* in Newton's eigenen Worten wiedergeben. Die beiden Jahrhunderte, die verflossen sind, seit Newton sie zuerst veröffentlichte, haben nicht die Notwendigkeit irgend eines Zusatzes oder einer Modifikation gezeigt.“

Anders äußert sich E. Mach<sup>2)</sup> in seiner historisch kritischen Darstellung der „Mechanik in ihrer Entwicklung“. Auch er sagt allerdings zunächst: „Newton hat die Aufstellung der heute angenommenen Prinzipien der Mechanik zu einem Abschluß gebracht. Nach ihm ist ein wesentlich neues Prinzip nicht mehr ausgesprochen worden. Was nach ihm in der Mechanik geleistet worden ist, bezog sich durchaus auf die deduktive, formelle und mathematische Entwicklung der Mechanik auf Grund der Newton'schen Prinzipien“, aber er schließt seine Kritik mit den Worten: „Wir stimmen dem mit Recht hochberühmten Physiker W. Thom-

1) W. Thomson and P. G. Tait, *Treatise on Natural Philosophy*. 1. Auflage, 1867.

2) E. Mach, *Mechanik* (1. Auflage, 1883). 3. Auflage, 1897. S. 181 u. S. 243. 6. Auflage, 1908. S. 194 u. S. 269.

son in der Verehrung und Bewunderung Newton's bei Sir W. Thomson's Ansicht aber, daß die Newton'schen Aufstellungen auch heute noch das Beste und Philosophischste seien, was man geben könne, ist uns schwer verständlich.“

In der Tat eine Unsumme von Kenntnissen und Erfahrungen hat die zweihundertjährige Entwicklung der Mechanik seit Newton gezeitigt, und wir sind auf Grund dieser Kenntnisse und Erfahrungen berechtigt, den Gegenständen, die Newton behandelt, uns in ganz anderer Weise gegenüber stellen zu können. Wir können es wohl verstehen, daß Newton in seinen *Definitiones*, in seinen *Axiomata sive Leges motus*, in seinen *Regulae philosophandi* sich so formulierte, wie er es getan; aber ebenso mag es fast selbstverständlich erscheinen, daß wir uns heute nicht mehr so formulieren dürfen, daß wir das Gebäude der Mechanik heute auf anderen Grundlagen aufzuführen haben, als es Newton getan.

Niemand wird die Vorzüge verkennen, welche z. B. die Lagrange'schen Gleichungen, das d'Alembert'sche und das Hamilton'sche Prinzip für die Entwicklung der Mechanik und für die Lösung von Aufgaben der Mechanik besitzen. Nach dieser Richtung hin hat natürlich die neuere Mechanik große Vorzüge aufzuweisen, nach dieser Richtung hin kann es als verfehlt und zwecklos bezeichnet werden, Vergleiche mit Newton anstellen zu wollen.

Anders liegt die Frage nach der wissenschaftlichen Begründung der Mechanik; die Frage, welche Elemente bei der Begründung der Mechanik etwa in Betracht gezogen werden müssen, aus welchen Elementen sich die Grundlagen der Mechanik tatsächlich zusammensetzen. So kurz, ja so flüchtig diese Fragen heute meist behandelt zu werden pflegen, so ausführlich hat sich gerade Newton in seinen Prinzipien darüber ausgesprochen; nach dieser Richtung dürfte sein Werk auch heute noch eine Bedeutung haben, die nicht unterschätzt werden darf — ja wenn gewisse Zeichen nicht trügen, gewinnt es den Anschein, als wenn

die gegenwärtig wachsenden erkenntnistheoretischen Interessen dem Werke noch eine anstehende Würdigung zu teil werden lassen könnten. Der Versuch, solche Seiten der Newton'schen Mechanik abzugewinnen, soll Aufgabe der folgenden Untersuchungen sein. Die Frage, ob Newton's Prinzipie in ihren Ausführungen auch heute noch allen Anforderungen genügen, ist davon ganz unabhängig.

## 2.

*Rückblick auf Newton's Grundlagen der Mechanik und Physik.* — Vergewenwärtigen wir uns die Elemente, aus denen sich Newton's wissenschaftliches System zusammensetzt, so werden wir zwischen der speziellen Mechanik und der Physik zu unterscheiden haben.

Die Elemente, auf denen sich die Mechanik Newton's aufbaut, stehen an innerem Gehalt etwa mit denen der Geometrie Euklid's auf gleicher Stufe; jedenfalls kann kein Zweifel sein, daß Euklid's Elemente in der Darstellung Newton als Muster vorgeschwebt haben. Es handelt sich um eine Reihe von Definitionen und Postulaten (*Axiomata sive Leges motus*) — erkenntnistheoretische Elemente, durch welche im wesentlichen die Sprache geschaffen wird, welche für die Behandlung angemessen erscheint.

Die innere Verwandtschaft dieser Elemente auf beiden Gebieten, der Geometrie und der Mechanik, kann z. B. am Parallelenaxiom und am Trägheitssatz erläutert werden. Angewandt auf den Raum, in dem sich die Wirklichkeit abspielt, können wir sagen: In beiden Sätzen erheben wir die sinnliche Wahrnehmung über die Parallelität zweier Linien, über die Trägheit der ponderablen Materie zu einer Tatsache von unbegrenzter Genauigkeit, aber wir spielen dabei — im Unterschied zu den gleich zu erörternden physikalischen Hypothesen — nicht auf ein für die Anschauung heterogenes Gebiet hinüber.

In der Newton'schen Physik treten die speziellen Naturgesetze und die Hypothesen als neue Elemente hinzu, auf welche die Grundlagen der Mechanik Anwendung finden. Es ist bekannt, daß Newton in seinen Prinzipien die Einführung von Hypothesen vermeidet — hier findet sich sein klassischer Ausspruch<sup>1)</sup>: „*hypotheses non fingo*“.

Unsere speziellen Naturgesetze, welche unsere Begriffswelt vermehren, wie z. B. das Gravitationsgesetz sind Sätze, die durch Beobachtung und Messung gewonnen sind, welche sich zur mathematisch-deduktiven Verwertung in besonderem Grade eignen. Unsere speziellen Hypothesen, welche uns daran hindern, die Bedeutung unserer sinnlichen Wahrnehmung zu überschätzen und dabei doch an unsere Anschauung appellieren — wie z. B. die Wellenanschauung des Lichtes, die Atomistik — sind unsere Vorstellungen von der Erscheinungswelt, mit denen wir uns über die Begrenztheit und Beschränktheit unserer sinnlichen Wahrnehmung erheben, wobei wir das sinnliche Erscheinungsgebiet durch eine heterogene, gänzlich verschiedene, vielleicht gar im Gegensatz zur Erscheinung stehende Auffassung zu deuten suchen.

Ich kann mich hier um so kürzer fassen, als ich schon bei einer anderen Gelegenheit<sup>2)</sup> auf die Zweckmäßigkeit

---

1) *Liber tertius. Scholium generale.* Newton ist erst von der zweiten Auflage (1713, dritte Auflage 1726) seiner Prinzipien an zu einem derartig konsequenten Standpunkte fortgeschritten. In der ersten Auflage (1687) findet sich am Anfang des dritten Buches an Stelle der *Regulae philosophandi* ein mit *Hypothesen* überschriebener Abschnitt, und am Ende fehlt der Ausspruch „*hypotheses non fingo*“.

2) Hat die Physik Axiome? Erkenntnistheoretische Studien über die Grundlagen der Physik. Vortrag am 5. April 1894. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 35. Jahrgang, 1894. Sitzungsberichte S. [13]—[22].

Aus dem Vortrage mögen hier folgende Ausführungen mitgeteilt werden: Die Naturgesetze werden in der Regel zunächst hypothetisch eingeführt und rücken erst allmählich aus dem Range einer



der Unterscheidung und Charakteristik dieser einzelnen Elemente im Sinne Newton's eingegangen bin. Dort findet sich auch der Sprachgebrauch anderer Klassiker zur Erläuterung herangezogen.

Hypothese in den Rang eines Naturgesetzes. Wenn ich aber darum noch nicht die Bezeichnung Hypothese und Naturgesetz identifizieren möchte, so befinde ich mich damit vollständig in Übereinstimmung mit Newton's Sprachgebrauch, der seinen Ausdruck in dem in Bezug auf das Gravitationsgesetz gemachten klassischen Ausspruch findet: *hypotheses non fingo*.

Der in der Wissenschaft als Naturgesetz eingeführte Satz wird doch nur anfänglich einen hypothetischen Charakter tragen. Das wiederholt bestätigte Naturgesetz — z. B. Newton's Gravitationsgesetz — soll doch der getreue Ausdruck der sinnlich zugänglichen Wirklichkeit sein; es soll ein Tatbestand damit ausgedrückt sein.

Die hypothetische Vorstellung im Sinne Newton's würde mit Spekulationen darüber zu beginnen haben, wie so etwas wie Gravitation zustande kommt. In diesem Sinne ist die Wellenvorstellung vom Licht weitergehender als das Newton'sche Gravitationsgesetz; sie ist eine über den Tatbestand hinausgehende hypothetische Vorstellung für uns; sie will uns die Wirklichkeit durch den Sinnen nicht unmittelbar zugängliche Vorstellungen, also durch übersinnliche Vorstellungen näher bringen. Für diese übersinnlichen Vorstellungen möchte ich die Bezeichnung Hypothese reservieren. In diesem Sinne möchte ich sagen: Hypothesen sind zugrunde gelegte Vorstellungen und Anschauungen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit der sinnlichen Anschauung erheben. Als weitere Beispiele führe ich an: die Emanationshypothese von Newton (also bildete Newton doch Hypothesen!), die Molekularvorstellung, die kinetische Gasvorstellung.

Soweit ich sehe, hat das Wort Hypothese heute in der Physik dieselbe Bedeutung, wie zu Zeiten Newton's, und die Unterscheidung, welche Newton zwischen Bewegungsgesetzen und Hypothesen macht, ist aufrecht zu erhalten. Auch die Antwort von Laplace auf Napoleon's Frage, weshalb in seiner *Mécanique celeste* der Name Gottes nicht vorkomme: „*Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse*“ deckt sich mit dem von mir charakterisierten Sprachgebrauch, wonach wir uns in einer Hypothese zu einem übersinnlichen — den Sinnen nicht direkt zugänglichen — Standpunkt erheben.

Eine besondere Hervorhebung verdienen noch Newton's „*Regulae philosophandi*“ am Anfang des dritten Buches seiner Prinzipien (*De mundi systemate*). Sie entsprechen einer allgemeinen Methodenlehre. Unter den späteren Darstellungen der Mechanik als in sich geschlossenem System ist mir nur eine bekannt, welche ausführlich darauf eingeht, Methoden und Aufgaben auseinanderzusetzen, welche für eine Darstellung der Mechanik in Betracht kommen, und das sind die nachgelassenen „Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt“ von H. Hertz. Nach dieser Richtung finde ich überhaupt zwischen der Mechanik von Newton und der von Hertz manche innere Verwandtschaft.

Der Mathematiker<sup>1)</sup> wird von seiner Interessensphäre aus vielleicht geneigt sein, die Unterscheidung der aufgeführten Elemente als zu weitgehend und teilweise als überflüssig zu bezeichnen, er wird auf eine Reduktion ihrer Zahl, auf eine Vereinfachung ihrer Begriffsbestimmung drängen, für ihn wird kein Zwang bestehen, mit den grundlegenden Elementen der Physik es etwa anders zu halten, wie mit den grundlegenden Elementen irgendeiner mathematischen Disziplin, und doch darf die Physik als naturwissenschaftliche Disziplin die mannigfaltigere Herkunft ihrer Elemente, auf denen sie sich aufbaut, nicht verleugnen; sie darf nicht übersehen, worauf sie ihre Grundsätze anwendet: nämlich

---

1) Ich unterscheide hier und in der Folge im Interesse der Kürze der Darstellung einfach zwischen dem Mathematiker und Physiker, obwohl ich mir natürlich sehr wohl bewußt bin, daß jeder Autor einer Mechanik bis zu einem gewissen Grade Mathematiker und Physiker in einer Person sein muß. Es handelt sich hier und später eben kurz um die zwei in sich vollkommen berechtigten Standpunkte, zwischen denen Denkprozesse zu oszillieren haben, um einen höheren Erkenntnisgrad zu gewinnen. Man vergleiche meine Abhandlung „Über die Frage nach dem Verhältnis von Denken und Sein und ihre Beantwortung durch die von der Naturwissenschaft nahegelegte Erkenntnistheorie“. Sitzungsberichte der Wiener Akademie IIa vom 16. Dez. 1897.

1. auf Sätze, die streng genommen allen den Fehlern zugänglich sind, mit denen nun einmal sinnliche Wahrnehmung — und mag sie durch instrumentelle Hilfsmittel noch so verschärft sein — behaftet ist, 2. auf Erscheinungen, über deren wahres Wesen die Sinne uns keine Auskunft geben, über deren Auffassung sie uns zu Täuschungen verführen können — über welche wir uns also besondere Anschauungen bilden müssen.

## 3.

*Alte physikalisch induktive Tendensen der Newton'schen Mechanik.* — Man verkennt ganz die Bedeutung der Newton'schen Prinzipien, wenn man sich nicht vergegenwärtigt, daß Newton den induktiven Charakter der Mechanik in seiner Darstellung hervorkehren will. Keine neuere Mechanik ist so von dem Argument der Induktion durchtränkt, wie die Newton's, keine eignet sich daher so zu einer Einführung in die Mechanik.

Aufgewachsen in Newton'schen Grundsätzen ist es natürlich leicht, aus diesen deduzieren zu können oder an ihre Stelle andere zu setzen, aus denen sich noch schärfer, leichter und besser deduzieren läßt. Aber darüber wird man doch nicht vergessen dürfen, daß die Quelle, aus der unsere mechanischen Grundsätze stammen, die Induktion, das heißt die durch Deduktion gründlich verarbeitete Induktion ist.

Die Aufgaben und Forderungen des Physikers und des Mathematikers, so berechtigt sie in sich sind, so sehr sie auf gegenseitige Förderung anweisen, sind sehr verschiedener Art: Der Physiker sieht und sucht seine Stärke in der Induktion, mit der er zu den Grundlagen aufsteigt. Die Formulierung der gewonnenen Grundlagen mag nach mancher Richtung hin eine schärfere mathematische Präzisierung, eine einfachere Gestaltung und Auffassung als wünschens-

wert erscheinen lassen, aber eine Bemängelung in dieser Richtung erinnert an die Größe und Schwierigkeit der unternehmen induktiven Aufgabe, zu welcher der Einzelne doch immer nur bescheidene Beiträge zu liefern hoffen kann. — Der Mathematiker sieht und sucht seine Stärke in der Deduktion, mit der er von den Bildern seines Geistes zur Wirklichkeit herabsteigt. Er wird in jedem Fall in der analytischen Lösung einzelner Probleme eine dankbare Aufgabe finden. Er wird seine Prämissen, seine Bilder sehr gerne der induktiven Arbeit des Physikers entnehmen. Er wird die induktiv gewonnenen Grundlagen des Physikers für seine Zwecke vielleicht mit Vorteil nach der einen oder anderen Richtung präzisieren und damit Erfolge erringen, aber darum wird er den Standpunkt des Physikers, der aus induktiven Gründen der vom Mathematiker in Vorschlag gebrachten Präzision vielleicht widerstreitet, nicht unterschätzen dürfen. Die Arbeit des Physikers und ihr Wert liegt in der Untersuchung und Darstellung induktiv gewonnener Grundlagen; die Arbeit des Mathematikers und ihr Wert liegt in der Untersuchung und Darstellung deduktiv gewonnener Konsequenzen.

Beide Aufgaben, die des Physikers und des Mathematikers bestehen zu Recht, aber die Aufgabe des Physikers erscheint wegen des Argumentes der Induktion als die schwierigere. Den hohen Anforderungen der physikalischen Induktion wird nur sehr näherungsweise im Laufe der geschichtlichen Entwicklung der Wissenschaft Genüge geleistet werden können. Darum wird aber für die physikalische Interessenssphäre fort-dauernd neben anderen Darstellungen der Mechanik eine Darstellung der Mechanik als wünschenswert erscheinen müssen, welche sich den Schwankungen jeweiliger Anschauungen zu entziehen und die Disziplin in der Richtung zu fördern sucht, in der ihr die Entwicklung geschichtlich zu liegen scheint. Für derartige Untersuchungen sind Werke von der Tendenz wie E. Mach's „Die Mechanik in ihrer

Entwicklung historisch-kritisch dargestellt“ von unschätzbarem Wert<sup>1)</sup>.

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

4.

*Newton's Metaphysik.* — Wenn es auch gerade bei der Beurteilung des größten Physikers aller Zeiten — Newton — nicht besonders erforderlich erscheint, muß von vornherein doch auf folgenden Gesichtspunkt hingewiesen werden: Berücksichtigt man, daß ein Autor zunächst für seine Zeitgenossen und daher in Rücksicht auf den ihm gerade vorliegenden Zustand der Wissenschaft schreibt und schreiben muß, so wird es gerechtfertigt erscheinen, wenn dieser Autor lieber versucht, so weit es irgend angeht an vorhandene Anschauungen anzuknüpfen, dieselben präzisierend und berichtend, als mit ihnen zu brechen und eine Sprache einzuführen, mit der er für die Mehrzahl seiner Zeitgenossen unverständlich bleibt. Tritt man an einen solchen Autor, der seiner Zeit soweit voraus ist, wie Newton es war, nach zweihundert Jahren heran, so wird man umgekehrt gerechter handeln, wenn man zunächst versucht, diesen Autor im Sinne der von ihm ausgegangenen Entwicklung zu interpretieren, als dem Sprachgebrauch eine allzu große Bedeutung beizulegen, den der Autor vielleicht nur seinen Zeitgenossen zuliebe als Opfer gebracht hat.

Geht man die Geschichte durch, die uns über Newton und seine Prinzipien Rosenberger neuerdings in Erinnerung gebracht hat, so kann man sich in der Tat wohl eher die Vorstellung bilden, Newton habe auf den Standpunkt seiner Zeitgenossen nicht die genügende Rücksicht ge-

1) Wenn ich an dieser Stelle einem Wunsche Ausdruck geben darf, wäre er der: es möchten in einer neuen Auflage in dem beigefügten so brauchbaren Register unter den Stichworten *Induktion*, *Deduktion* Hinweise auf diese erkenntnistheoretisch so wichtigen Formen Aufnahme finden (1898). Leider haben die späteren Auflagen diesem Wunsche keine Rechnung getragen (1909).

nommen, als daß er seiner Zeit nicht weit genug vorgeeilt wäre.

Indem ich unter diesen Gesichtspunkten versucht habe, Newton's Prinzipien vom Standpunkt der gegenwärtigen Wissenschaft durchzugehen, habe ich rückwärts durch Vergleichung nicht allein gefunden, daß Newton's Darstellung ohne Zwang eine solche Interpretation verträgt, sondern auch, daß die Kritik in vielen Punkten erheblich über das Ziel hinausgegangen ist.

An die Spitze der Charakteristik Newton's möchte ich mit E. Mach<sup>1)</sup> „die wiederholte ausdrückliche Versicherung Newton's setzen, daß es ihm nicht um Spekulation über die verborgenen Ursachen der Erscheinungen, sondern um Untersuchung und Konstatierung des Tatsächlichen zu tun sei“. Aber ich scheine mich im Unterschiede mit Mach darin zu befinden, wenn ich die Theorie dahin deute, daß sie dazu da ist, das Tatsächliche festzustellen und zu untersuchen. Der theoretische Apparat besteht in dem logischen Spiel von Definitionen, Forderungen, Gesetzen, Hypothesen und ihren Beziehungen zueinander. Diese erkenntnistheoretischen Elemente sind zunächst allerdings streng genommen für sich selbst nichts Tatsächliches; aber insofern es gelingt, deduktiv aus ihnen alles Tatsächliche abzuleiten, nimmt rückwirkend das Argument der Induktion fortdauernd an Stärke zu, daß diese Elemente selbst das wahrhaft Tatsächliche darstellen oder wenigstens die engste Beziehung zum wahrhaft Tatsächlichen haben. So aufgefaßt wird jede Theorie mit der Zeit geläuterte Erfahrung, geläuterte Tatsache.

Es handelt sich hier um wesentlich das, was Liebig im dritten seiner chemischen Briefe ausdrückt: „Wir schätzen die Tatsachen ihrer Unvergänglichkeit wegen, und weil sie den Boden für die Ideen abgeben; den eigentlichen Wert

1) E. Mach, *Mechanik* 3. Auflage S. 187. 6. Auflage S. 203.

empfängt aber die Tatsache erst durch die Idee, die daraus entwickelt wird.“ Solche Ideen sind unsere Naturgesetze und unsere Hypothesen, vor allem unsere Forderungen (Postulate).

Man hat Newton als einen Mann hingestellt, der bei deutlichstem Hinweis auf die von der Physik einzuschlagende exakte Methode sich doch in mancher Hinsicht von dem Einfluß mittelalterlicher Philosophie und Metaphysik nicht befreien konnte, und man hat unter diesem Gesichtspunkte eine Reihe von Stellen seiner Prinzipien aufgefaßt — ich meine mit Unrecht!

Man kann dem Worte Metaphysik eine zwifache Bedeutung unterlegen, und es führt wohl zur Klärung der Sachlage, hier darauf einzugehen. Man kann einmal unter Metaphysik die in sich müßigen Spekulationen begreifen, die da einsetzen, wo die physikalische Forschung der Natur der Sache nach ihre Grenze hat, und die trotzdem die Hoffnung nicht aufgeben wollen, daß durch sie der Physik — womöglich ohne allzustarke Beziehung auf die Erfahrung — reicher Gewinn zufließt. Derartige müßige und unfruchtbare Spekulationen hatte das Altertum und das Mittelalter aufzuweisen. Man kann aber das andere Mal das Wort Metaphysik in Beziehung setzen zu dem subjektiven Standpunkte menschlicher Natur und Sinneswahrnehmung. Die sinnliche Wahrnehmung bewegt sich nun einmal in gewissen Schranken, die durch instrumentelle Hilfsmittel zwar erweitert aber nie aufgehoben werden können.

Diese wohl allgemein zugestandene Auffassung hat zur Voraussetzung, daß es auch jenseits der sinnlichen Wahrnehmung Dinge und Vorgänge gibt, an deren Realität nicht zu zweifeln ist, und über welche wissenschaftliche Methode bis zu einem gewissen Grade Auskunft geben kann — wobei wir nicht bloß an Hypothesen sondern auch an Postulate zu denken haben werden.

Wenn man ein Recht hätte, Newton zum Vertreter des

Satzes „Kraft ist die Ursache einer Bewegungsänderung“ zu machen<sup>1)</sup> und mit dem Begriff Ursache ein sehr müßiges Spiel von Spekulationen treiben zu lassen, dann hätte man allerdings auch ein Recht, Newton als Vertreter mittelalterlicher Metaphysik und Scholastik zu charakterisieren. Aber man hat kein Recht dazu:

Geht man Newton's Formulierungen auf diesen Vorwurf hin durch, so findet man, daß Newton den Gebrauch des Wortes *causa* überhaupt sehr einschränkt, daß er insbesondere an den Stellen gänzlich vermieden ist, an denen man ihn nach dem Urteil seiner Kritiker erwarten sollte d. h. in dem *Axiomata sive Leges motus* überschriebenen Abschnitt — daß an den Stellen, an denen er positiv bewertet wird, er eine andere als metaphysische Deutung fordert.<sup>2)</sup> Es kann hierbei um so weniger Zweifel obwalten, als Newton erklärt<sup>3)</sup>: „Die Ursachen der Kräfte und ihren physischen Sitz ziehe ich hier nicht in Betracht.“ „Der Leser möge nicht schließen, daß ich Art und Weise der

1) K. Pearson, *The Grammar of Science*. London 1892. S. 382. Man findet solche Wendungen nicht bei Newton, aber bei Euler.

2) In dem *Definitiones* überschriebenen Abschnitt kommt der Ausdruck *causa* zwölfmal vor. Darunter zweimal im Sinne von physischer Ursache, deren Betrachtung Newton eben ausschließt. Es kann danach gar kein Zweifel sein, daß bei Newton das Wort *causa* kein Stichwort ist. Die Übersetzung von Wolfers gibt in dieser wie in anderer Hinsicht ein ganz falsches Bild; das Wort „Ursache“ findet sich hier wiederholt gesperrt gedruckt, wo von einer physischen Ursache gar nicht die Rede ist. So findet sich auch *Liber tertius* in der Übersetzung in Abschnitte geteilt und Abschnitt I z. B. überschrieben: „Von den Ursachen des Welt-systems“. Das Original gibt für alle diese Willkürlichkeiten nicht den geringsten Anhalt. — Die causale Auffassung findet sich zuerst in der 1739 in Genf mit fortlaufendem Kommentar von Le Seur und Jacquier herausgegebenen Ausgabe von Newton's Prinzipien hinein interpretiert; so beginnt der Kommentar zu *Definitio* IV, der Definition der *vis impressa* mit den Worten: *Nihil fit sine causa*.

3) Newton, *Principia*. Unter den Erläuterungen zu *Definitio* VIII.



Wirkung oder physischen Grund und Ursache erkläre, oder daß ich den Mittelpunkten wirkliche physische Kräfte beilege, wenn ich gelegentlich sagen werde, die Mittelpunkte ziehen sich an, oder es existieren Zentralkräfte.“

Will man das Wort Metaphysik in der Bedeutung beibehalten, in der Bezug genommen wird auf die Begrenztheit sinnlicher Wahrnehmung, in der die strenge methodische Forschung auf Lücken hinweist, welche die sinnliche Wahrnehmung für das begriffliche System offen läßt, das in sich zu schließen eben Aufgabe der Wissenschaft ist<sup>1)</sup>, dann werden wir in diesem Sinne Hertz ebenso wie Newton Metaphysiker nennen müssen.<sup>2)</sup> In diesem Sinne gewinnen Newton's Aussprüche<sup>3)</sup> ihre Bedeutung: „Es ist zu bemerken, daß man gewöhnlich diese Größen (Zeit, Raum, Ort und Bewegung) auf die Sinne bezieht. Daraus entstehen gewisse Vorurteile.“ „In der Philosophie (theoretischen Physik) ist von den Sinnen zu abstrahieren.“

## 5.

*Newton's Definitiones.* — Ich will nun in der Reihenfolge, in der Newton die Elemente seines Systems der Mechanik entwickelt, vorgehen und beginne entsprechend mit Newton's *Definitiones* und ihrer Rolle innerhalb seines Systems.

An der Spitze meiner Betrachtungen möchte ich an den wohl allgemein zugegebenen Satz erinnern, daß die Forderung unberechtigt sei, es müßten alle Ausdrücke, die verwandt werden, auch ihre Definition finden. Das ist unmöglich. Bei der Begründung eines empirisch wissenschaftlichen Systems wird man immer einen Stamm von Begriffen und

1) Siehe meine Abhandlung: Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1897. IIa S. 1107.

2) Ich denke an die verborgenen Bewegungen bei Hertz.

3) Newton, Principia. *Scholium* zu den *Definitiones*.

Erfahrungstatsachen als gegeben voraussetzen müssen, mit dem man zunächst wie mit bekannten Größen operiert. Damit ist nicht gesagt, daß diese vorausgesetzten Begriffe und Erfahrungstatsachen schon in sich die größte Präzision und Einfachheit tragen. Im Gegenteil, es wird genügen, mit diesen vorausgesetzten Begriffen und Tatsachen zunächst näherungsweise zutreffende Vorstellungen zu verbinden, eine etwaige Präzisierung und Berichtigung der inneren Ausarbeitung des Systems überlassend.

Der Grund für dieses Vorgehen ist jedenfalls darin zu suchen, daß die tiefere Erkenntnis niemals auf dem einseitigen Wege der Deduktion allein fortschreitet, daß sie vielmehr auf der innigsten Durchdringung von Induktion und Deduktion beruht, eine Durchdringung, welche ebenso oft auf die Stammbegriffe und ihre Präzisierung zurückgreifen, wie sie die sich aus ihrer Fassung ergebenden Konsequenzen verfolgen wird. Der Erkenntnisprozeß ist und bleibt eben ein oszillierender und asymptotischer. Dem Fernstehenden mag in vielen Fällen eine derartige Behandlung, die im letzten Grunde auf einer ständigen Durchdringung der Induktion und Deduktion beruht, als ein *circulus vitiosus* erscheinen. Die fortschreitende naturwissenschaftliche Erkenntnis bewegt sich in vielen Fällen allerdings in einem Kreise — aber dies doch wesentlich in dem Sinne, daß jeder neue Kreislauf der Erkenntnis mit einer Fülle von Präzisionen und Berichtigungen verbunden ist.

Die Newton'schen Definitionen entsprechen — scheint mir — in jeder Beziehung dieser Auffassung; darum in ihren Erläuterungen die vielen Hinweise auf spätere Resultate der systematischen Entwicklung, darum die im nächsten Abschnitte zu behandelnden Auseinandersetzungen über Zeit, Raum und Bewegung in dem den *Definitions* zugefügten *Scholium*.

Es kann auch kein Zweifel sein, daß die Newton'schen Definitionen im großen und ganzen einfache Nominaldefini-

tionen und keine Realdefinitionen sein wollen. Man darf darum ihre Bedeutung nicht unterschätzen. Durch die Zweckmäßigkeit ihrer Wahl, die durch den Hinblick auf eine Reihe von Erfahrungstatsachen gegeben ist, bereiten sie die präzise Behandlung der Materie in geschickter Weise vor, indem sie der Aufmerksamkeit von vornherein eine gewisse Richtung anweisen, der Folge es überlassend, in die zunächst leeren Formen, welche durch die Wortdefinitionen geschaffen sind, einen realen und präzisen Inhalt zu gießen.

Die Newton'schen Definitionen nehmen so den Charakter von Präliminarien<sup>1)</sup>, von Prolegomena an, und von diesem Gesichtspunkt aus werden wir sie uns zu vergewärtigen haben. Was die erste betrifft:

„*Quantitas materiae est mensura eiusdem orta ex illius densitate et magnitudine coniunctim*“ —

so wird zu berücksichtigen sein, was Newton an erster Stelle unter Heranziehung des Begriffs der Kompressibilität zur Rechtfertigung und Erläuterung seiner Fassung der *Definitio I* anführt.

Der Gedankengang Newton's scheint mir folgender zu sein: Die Quantität der Materie bleibt bei allen Kompressionen und Dilatationen dieselbe. An diesem Vorgange der Kompression oder Dilatation kann man sich den Begriff der Dichte klar machen. Ein materieller Körper, der auf die Hälfte seines Volumens komprimiert ist, hat die doppelte Dichte. Gewinnt man so zunächst für ein und denselben materiellen Körper (für ein und dieselbe Quantität der Materie) die Formulierung, daß das Produkt aus Volumen und Dichte eine Konstante ist, womit der Begriff der Dichte seine Präzision gefunden hat, so ist der weitere Schritt, das Produkt aus Volumen und Dichte auf verschie-

1) Diese Auffassung habe ich nachträglich auch in Düring's „Kritischer Geschichte der Prinzipien der Mechanik“ gefunden.

dene materielle Körper (auf verschiedene Quantitäten der Materie) auszudehnen. Unter Festsetzung einer gewissen Dichtigkeitseinheit, die wir, wenn auch nicht physisch, so doch ideell uns unter Anwendung von Kompression und Dilatation für alle Körper, zumal für gasförmige Körper, herstellbar denken können, nennen wir dieses auf verschiedene materielle Körper angewandte Produkt aus Volumen und Dichte die Masse der verschiedenen materiellen Körper.

Durch die weiteren Bemerkungen, daß man die Masse eines Körpers durch Wägung bestimmt, und daß die Masse eines Körpers dem Gewichte proportional sei, weist Newton von vornherein darauf hin, daß man zwischen einer intellektuellen Begründung und einer experimentellen Stützung der Mechanik wesentlich unterscheiden müsse; beide Momente können naturgemäß nicht parallel gehen. Es wird sich immer empfehlen, bei der Begründung einer Disziplin an passender Stelle auf gewisse spätere Ergebnisse hinzuweisen, welche geeignet sind, eine rückwirkende Sicherung des wissenschaftlichen Systems zu gewähren.

Die Absicht Newton's bei der Formulierung der *Definitio I* scheint mir die zu sein: festzulegen, in welcher Bedeutung das Wort „Masse“ zunächst gebraucht werden soll, um dann zu zeigen, in welchen Beziehungen dieser so festgesetzte Begriff weiter in der Mechanik eine Rolle spielt.

Es handelt sich im wesentlichen bei *Definitio I* ebenso um eine einfache Nominaldefinition des Begriffes *Quantitas materiae*, wie es sich bei *Definitio II*<sup>1)</sup>:

„*Quantitas motus est mensura eiusdem orta ex velocitate et quantitate materiae coniunctim*“ —

um eine einfache Nominaldefinition des Begriffes *Quantitas motus* handelt. Wenn Mach<sup>2)</sup> zwischen diesen Definitionen

1) Es ist hier wie im Folgenden durchaus nötig, auf den lateinischen Originaltext zurückzugehen.

2) E. Mach, *Mechanik* 3. Auflage S. 239 u. 240. 6. Auflage S. 265 u. 266.

in der Weise scheidet, daß er *Definitio I* eine Scheindefinition nennt, welche nichts klarer macht, *Definitio II* eine Erklärung eines Rechnungsausdrucks, gegen welche nichts einzuwenden ist, läßt er sich jedenfalls von einer anderen Interpretation des Newton'schen Textes leiten, als ich es getan. Aber mir will es scheinen, daß die logische Gleichwertigkeit der Definitionen auch äußerlich in der gleich scharf pointierten Form mit Absicht zum Ausdruck gebracht ist.

Die Definition III und IV:

„*Materiae vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.*“

„*Vis impressa est actio in corpus exercita, ad mutandum eius statum vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.*“ —

sind der Erläuterung und der Gegenüberstellung der *materiae vis insita* und der *vis impressa* gewidmet. Es handelt sich bei diesen Definitionen mehr darum, die Vorstellung und Anschauung in einer gewissen Richtung für die *Axiomata sive Leges motus* vorzubereiten, als um endgültige Präzisierung von Begriffen, was man auch daraus erkennen mag, daß von dem Ausdruck *vis insita* in der Folge kein Gebrauch gemacht wird. Die *materiae vis insita* hängt ja natürlich, wie das auch Newton in seinen Erläuterungen anführt auf das engste mit der *materiae inertia* zusammen, und doch handelt es sich in der *Definitio III* streng genommen nicht um eine Definition der *materiae inertia* — der Trägheit, es unterscheidet sich, wie Newton sagt, die *vis insita* in der Art der Auffassung von der *vis inertiae*.

Während die Definitionen I und II einen präzisierten quantitativen Charakter tragen (*quantitas . . est mensura*), kann man dies von der Definition III und IV nicht sagen. Die letzten Definitionen V bis VIII sind für unsere Untersuchung von geringerem Interesse, es sind Präliminarien für New-

ton's speziellere Untersuchungen über Gravitation, für die *Axiomata sive Leges motus* nur insofern, als sie Spezialfälle darstellen, welche die allgemeine Fassung der *Leges* vorbereiten.

Je mehr ich mich in die Newton'schen Definitionen und ihre Erläuterungen zu vertiefen versucht habe, um so mehr habe ich gefunden, daß es sich dabei um Präliminarien handelt, die unter stillschweigender Berücksichtigung der induktiven Elemente den Leser in sehr geschickter Weise auf das Kommende vorbereiten und auf die Höhe des Standpunktes erheben sollen, von der aus die Prinzipien geschrieben sind. Diese Präliminarien, zu denen auch das im folgenden Abschnitt zu behandelnde *Scholium* gehört, scheinen mir weder zu kurz noch zu breit geschrieben; sie lassen nicht jene Verlegenheit und den Wunsch um jeden Preis vorwärts zu kommen verspüren, von denen Hertz in der Einleitung zu seiner Mechanik (S. 8) in Hinblick auf Lagrange spricht.

## 6.

*Newton's Scholium.* — Die Forderungen als Ideen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit unserer sinnlichen Wahrnehmung zu Aussagen unbegrenzter Genauigkeit erheben — und davon handeln die einleitenden Betrachtungen von Newton — scheinen mir nicht allenthalben die genügende erkenntnistheoretische Würdigung erfahren zu haben. Indem wir hier das sinnliche Auge durch das geistige Auge verschärft denken, werden wir uns keiner Unehrlichkeit schuldig machen, solange wir der Bedeutung und Rolle des Postulats innerhalb des wissenschaftlichen Systems eingedenk bleiben. Natürlich hat in der Zahl der Postulate an erster Stelle das *Prinzip der Ökonomie* zu walten.

Mit diesem Begriffe der Forderung als wissenschaftlich begründeter Idee — scheint mir — muß man bereits in die

Newton'schen Betrachtungen über Zeit und Raum hineingehen. Sie scheinen mir in Folgendem zu gipfeln, finden jedenfalls in Folgendem ihre Präzisierung:

So leicht uns relative Zeitmaße und Zeitmessungen für viele Fragen hinlänglich genau zugänglich sind, z. B. aus der Umdrehung unserer Erde gegenüber dem Fixsternhimmel, so ausgebildet unser Zeitsinn durch instrumentelle Hilfsmittel verstärkt nach mancher Richtung hin scheinen mag, so erhebt sich beim Ausbau des wissenschaftlichen Systems als Forderung die Frage nach absoluten Zeitmaßen und Zeitmessungen. Von dieser Forderung durchdrungen sind die Untersuchungen von Laplace, Delaunay und Adams über die Veränderlichkeit unserer Zeitsekunde<sup>1)</sup> angestellt und hat man an die Schwingungsdauer des Natriumlichtes oder einer seiner Linien als Zeiteinheit gedacht. Wenn man in Hinblick auf jene neueren Untersuchungen das liest, was Newton am Ende seiner Definitionen unter *Scholium* über die absolute wahre mathematische Zeit auf der einen Seite, über die relative scheinbare gewöhnliche Zeit auf der anderen Seite sagt, kann ich nicht finden, daß Newton dabei unter dem Einfluß mittelalterlicher Philosophie zu stehen scheint, oder daß er sich mit müßigen metaphysischen Begriffen beschäftigt.

Ähnlich werden wir Newton's Äußerungen über den absoluten und relativen Raum aufzufassen haben. Es ist ja ganz richtig, daß wir uns räumlich zunächst nur relativ orientieren können, aber beim Ausbau des wissenschaftlichen Systems erhebt sich die Forderung, ein weiteres Orientierungselement einzuführen. Von dieser Forderung durchdrungen, erscheinen moderne Untersuchungen wie die über den Unterschied der Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende und bewegte Körper — und wenn wir Newton daraufhin studieren, werden wir in seiner

---

1) cf. Thomson and Tait, *Natural philosophy* Art. 830.

Darstellung sehr verwandte Tendenzen mit modernen Untersuchungen auffinden können.

Bleiben wir, wie Mach es tut, bei der Tatsache der relativen Orientierung stehen, dann erscheint die geozentrische Auffassung nach Ptolemäus gleichwertig mit der heliozentrischen Auffassung nach Kopernikus. Sehen wir uns beide Auffassungen im Lichte der Newton'schen Darstellung an, dann kann man sagen, es ist die Forderung Newton's nach Orientierung im Raum, welche zugunsten von Kopernikus entscheidet — oder auch umgekehrt, die ganze Newton'sche Gravitationsanschauung entscheidet zugunsten der inneren Berechtigung der Forderung nach Raumorientierung im Sinne von Kopernikus.

Vom Standpunkte der Relativität aller Bewegungen im Raume würde das Ptolemäische Weltsystem mit der Vorstellung einer ruhenden Erde im Mittelpunkt die gleiche Existenzberechtigung wie das Kopernikanische Weltsystem haben. Die Sache ist aber die, daß das Kopernikanische Weltsystem mit der Vorstellung einer ruhenden Sonne im Mittelpunkt nicht nur eine einfachere und durchsichtigere Beschreibung der Bewegung der Planeten gegenüber der Erde zuläßt, sondern vor allem auch die, daß die Newton'schen Grundsätze der Mechanik geradezu die Kopernikanische Auffassung fordern. Von diesem Standpunkt aufgefaßt dürfte bereits die Anerkennung des Kopernikanischen Weltsystems die sogenannte *phänomenologische* Auffassung von der bloßen Relativität der Bewegungen widerlegen.

Auch hinsichtlich der Unterscheidung einer absoluten und relativen Drehung muß ich den Newton'schen Standpunkt vertreten. Ebenso wie wissenschaftlich die Standpunkte des Kopernikus und Ptolemäus sich gegenseitig ausschließen, trotzdem beide sinnlich von einander nicht zu unterscheiden sind und demnach beide Fälle für denselben Fall gehalten werden könnten, wird wissenschaftlich auch die Drehung



des Wasserglases Newton's gegen den Fixsternhimmel unterschieden werden müssen von der Drehung des Fixsternhimmels gegen das Wasserglas. Das direkte sinnliche Unvermögen einer Unterscheidung beider Fälle wird allerdings die Entscheidung der Frage ganz offen lassen müssen, ob der systematische Fortschritt der Wissenschaft eine solche Unterscheidung vielleicht einmal fordert. So aufgefaßt hat aber die Newton'sche Forschung dagegen entschieden, daß der Fixsternhimmel als sich im Kreise drehend angesehen werden kann<sup>1)</sup>, und die Auseinandersetzungen Newton's über Zeit, Raum und Bewegung können in diesem Zusammenhange gar nicht als müßige metaphysische Spekulationen aufgefaßt werden. Es sind Forderungen der Forschung, welche Newton in seiner Darstellung vorweg nimmt.<sup>2)</sup>

1) Mit anderen Worten: Die Drehung des Fixsternhimmels um die ruhende Erde setzt ein überaus künstliches System von Kräften im Sinne Newton's voraus.

2) Den gelegentlichen Äußerungen E. Mach's (Mechanik 3. Aufl. S. 218 6. Aufl. S. 238) „daß alle Dinge miteinander zusammenhängen“, daß „in unseren Zeitvorstellungen sich der tiefgehendste und allgemeinste Zusammenhang der Dinge ausdrückt; wenn eine Bewegung in der Zeit stattfindet, so hängt sie von der Bewegung der Erde ab“ — kann ich kein rechtes Verständnis entgegenbringen. Es ist ebenso Aufgabe der Wissenschaft, nachzuweisen, welche Dinge miteinander zusammenhängen, wie die, welche Dinge nicht miteinander zusammenhängen. Ich befinde mich da in sehr guter Übereinstimmung mit einer anderen Stelle in Mach's Mechanik 3. Aufl. S. 147, 6. Aufl. S. 156, an der er darauf hinweist, „daß es ebenso wichtig ist, die Unabhängigkeit zweier Umstände A und B voneinander, als die Abhängigkeit zweier Umstände A und C zu erkennen. Denn ersteres befähigt uns erst, den letzteren Zusammenhang ungestört zu verfolgen. Man bedenke, wie sehr die mittelalterliche Naturforschung durch die Annahme nicht bestehender Abhängigkeiten behindert war.“

Jede physikalische Messung hat zur Voraussetzung, daß von einander unabhängige Größen in Beziehung zueinander gesetzt werden. In dieser Hinsicht besteht ein Unterschied von „in Beziehung setzen“ und „Abhängigkeit“, der hier wohl zu berücksichtigen ist.

## 7.

*Newton's Axiomata sive Leges motus.* — Wir kommen nun zu dem methodischen Hauptstück der Newton'schen Mechanik<sup>1)</sup>, zu den *Axiomata sive Leges motus*. Die notwendigsten Begriffe, von denen diese Postulate handeln, haben, wie das durchaus dem Wesen einer an sich induktiven Wissenschaft am besten entspricht, und wie das im Vorhergehenden wohl schon zur Genüge auseinandergesetzt ist, in den vorausgeschickten *Definitiones* und *Scholium* eine vorläufige Charakteristik erfahren und sollen nun ihre nähere Präzisierung und ihren Inhalt finden.

Nachdem im Speziellen die *vis insita* in *Definitio III* im Gegensatz zur *vis impressa* in *Definitio IV* in der mannigfaltigsten Weise ihre Erläuterung und Veranschaulichung gefunden hat, schreitet Newton in *Lex I* zu dem Trägheitssatze:

„*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare*“

d. i. zu der bestimmt formulierten Forderung fort, wie wir ohne eine *vis impressa* den einfachsten Bewegungszustand

---

1) *Anmerkung 1909*: Man kann die mannigfaltigsten Versuche machen, diesem Hauptstücke gegenüber einen angemessenen Standpunkt zu finden. In einer Seminarstunde (Mai 1909) habe ich mir die Freiheit genommen, meinen Zuhörern gegenüber dieses Hauptstück der Newton'schen Mechanik als das physikalische Glaubensbekenntnis Newton's mit seinen drei Artikeln zu bezeichnen. Die Induktion kann und darf ihre Anregungen nehmen, wo und wie sie solche findet, und so erscheint die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, Newton hätte in der Aufstellung seiner drei *Axiomata sive Leges motus* sich bei seinem frommen Sinn von einer gewissen formellen Analogie mit den drei Artikeln der christlichen Glaubenslehre leiten lassen. Eine solche formale Analogie läßt sich in der Tat ziemlich weit durchführen und durchdenken.

eines Körpers d. i. einer Masse<sup>1)</sup> quantitativ aufzufassen haben. Hier ist von keiner *vis insita* mehr die Rede, hier handelt es sich darum, unter welchem Gesichtspunkte wir den Bewegungszustand eines Körpers aufzufassen haben, nämlich entweder unter dem Gesichtspunkt einer *vis non impressa* oder einer *vis impressa* oder beider.

Das Trägheitsgesetz spricht von der Ruhe oder geradlinigen Bewegung in bezug auf den von Newton als Forderung aufgestellten absoluten Raum — Orientierung auf ein im Raum festes Koordinatensystem, auf den ruhenden Äther, oder wie man es sonst in moderner Ausdrucksweise bezeichnen will. Wir haben uns zu erinnern, daß Newton ein Gegner der Anschauung ist, daß die sinnliche Auffassung für sich ein geschlossenes System zu bilden gestattet.

Man hat der Newton'schen Formulierung des Trägheitsgesetzes den Vorwurf gemacht<sup>2)</sup>, daß sie einen sehr komplizierten Vorgang in sich begreift: die Bewegung eines Körpers ohne Einwirkung von Kräften — ein Vorgang, der sich eben wegen Mangels an Einfachheit nicht für die Grundlage eines wissenschaftlichen Systems empfehle, und man hat aus diesem Grunde das Trägheitsgesetz auf einen Elementarteil der ponderablen Materie einschränken zu müssen gemeint.

Demgegenüber ist zu bemerken, daß in *Lex I* nur die Rede ist von Körpern, die sich in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung in gerader Richtung befinden. Natürlich ist die allgemeine Bewegung eines Körpers ohne Krafteinwirkung ein komplizierter Vorgang, dieser allgemeine Fall wird aber bei der Formulierung von *Lex I* ausgeschlossen.

Nichtsdestoweniger wird es sich empfehlen, in der Erläuterung zu *Lex I* auf den allgemeinen Fall Bezug zu nehmen. So spricht Newton auch in seiner Erläuterung

1) Nach der Erläuterung zu *Definitio I* braucht Newton die Begriffe „*corpus*“ und „*massa*“ in demselben Sinne.

2) K. Pearson a. a. O. S. 381.

vom Kreisel, ohne daß es ihm hier natürlich auf eine erschöpfende Darstellung ankommen kann. Wie so häufig bei Newton haben wir in seinen Erläuterungen Hinweise auf Künftiges zu sehen. Bei aller Komplikation der Kreisbewegungen können auch diese in geeigneter Weise zur Erläuterung des Trägheitssatzes herangezogen werden — das scheint mir der einfache Sinn bei Newton.

Auch bei der Beurteilung von *Lex II*:

„*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur*“

werden wir uns zu erinnern haben, daß Newton in seinen Definitionen III und IV quantitative Angaben vermieden und sich auf Erläuterungen beschränkt hat.<sup>1)</sup> Während die *Definitio IV* die *vis impressa* nur als eine *actio* definiert, welche einen Bewegungszustand in geradliniger Richtung (bzw. einen Ruhezustand) ändert, und z. B. in keiner Weise über die Richtung der *vis impressa* bzw. der *actio* spricht, enthält *Lex II* quantitative Angaben, wie Größe und Richtung der *vis impressa* bzw. der *actio* gerechnet werden soll, insbesondere geben die Erläuterungen Rechnungsanweisungen, wie nacheinander wirkende gleiche Kräfte auf verschiedene Massen oder wie nacheinander wirkende verschiedene Kräfte auf gleiche Massen oder wie eine Mehrzahl gleichzeitig wirken-

1) *Anmerkung 1909*: Ich möchte auch hier auf die Übersetzung hinweisen, welche die doch jedenfalls vom Autor absichtlich gewählte Gleichförmigkeit der Ausdrücke des Originals „*impressae*“ „*imprimitur*“ ungeschickter Weise ignoriert und variiert. Ich habe entsprechend S. 133 dieser Auflage der Grundzüge übersetzt: „Die Änderung der Bewegung ist der äußeren bewegenden Kraft proportional, und findet in der Richtung statt, in der sich jene Kraft äußert.“ Nicht zum Ausdruck gebracht ist in dieser Übersetzung die ganz klar bei Newton hervortretende Bevorzugung der Vorstellung einer Druckwirkung: *vis impressa*, als der Anschauung Newton's am nächsten liegend; die Vorstellung einer Fernwirkung: *actio in distans* — ist ja von Newton erst geschaffen. Man vergleiche auch S. 6 dieser Auflage der Grundzüge.

der Kräfte in Ansatz zu bringen sind — Anweisungen, die weiter im *Corollarium I* und *II* eine nähere Ausführung erfahren. [www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

Man könnte dieser Interpretation gegenüber einwenden, daß bereits in den *Definitiones VII* und *VIII*, die von der *vis centripeta* handeln, die Beschleunigung als Kraftmaß in bestimmter Weise eingeführt wird. Demgegenüber ist aber zu bemerken, daß in den *Leges* in keiner Weise auf die spezielle *vis centripeta* Bezug genommen wird. Natürlich fällt die *vis centripeta* und ihre Äußerung unter die allgemeinen *Leges*, aber die *Leges* verlangen eine allgemeinere Formulierung ohne Bezugnahme auf Zentripetalkräfte (Zentralkräfte). Man wird aber vielleicht sagen können, die *Definitiones VII* und *VIII* bei Newton haben die allgemeine Fassung von *Lex II* wesentlich vorbereitet.

Ich komme zur Interpretation von *Lex III*:

„*Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi*“ —

und möchte dabei vor allem auf einen Unterschied hinweisen, der zwischen *Lex I* und *II* auf der einen Seite und *Lex III* auf der andern Seite besteht und mir für die Beurteilung der Newton'schen Mechanik von Wichtigkeit erscheint.

*Lex I* und *II* beziehen sich auf theoretisch sehr einfache Vorgänge, die sich praktisch streng genommen, gar nicht realisieren lassen. *Lex III* bezieht sich auf theoretisch komplizierte Vorgänge, die praktisch ihre beständige Realisierung finden.

Die fruchtbare Verwertung von *Lex I* und *II* beruht in der Folge wesentlich auf ihrer Anwendung als Elementarprinzip (Anwendung auf infinitesimale Verhältnisse). Die fruchtbare Verwertung von *Lex III* beruht in der Folge wesentlich auf seiner Anwendung als Integralprinzip (Anwendung auf endliche Verhältnisse).

Der Charakter als Postulat beruht bei *Lex I* und *II* auf der Komplikation, die sich einer exakten praktischen Realisierung ihres Inhalts entgegenstellt — bei *Lex III* auf der Komplikation der Vorgänge, die sich einer theoretischen Verfolgung ins Einzelne entgegenstellen.

Alle diese Erwägungen und Unterschiede erscheinen höchst überflüssig, wenn man sich nicht die Rolle vergegenwärtigt, welche das Argument der Induktion bei solchen Untersuchungen zu spielen hat. Übersieht man dieses, dann könnte man ja einfach sagen, und man hat es gesagt: Die in *Lex I, II* und *III* niedergelegten Postulate sind von vornherein für infinitesimale Verhältnisse auszusprechen. Aber dann entzieht man eben im Sinne der Newton'schen Mechanik den Inhalt dieser Postulate dem Erfahrungskreise, auf den jene nun einmal hinweisen und hinweisen müssen.

## 8.

*Neuere mathematisch-deduktive Tendenzen in der Behandlung der Mechanik.* — Die Mehrzahl der Autoren, welche über Mechanik geschrieben haben, hat sich die Aufgabe gestellt, dem wissenschaftlich erarbeiteten, gegenwärtig vorliegenden Material geeignete Elemente für die Grundlegung der Mechanik fast ausschließlich nach dem Gesichtspunkt zu entnehmen, daß das auf derartigen Grundlagen deduktiv aufgeführte wissenschaftliche System den höchsten Anforderungen einer mathematischen Formvollendung entspricht. Es war naturgemäß, daß zur Begründung eines derartigen Systems die Anschauungen bevorzugt wurden, die sich durch die Entwicklung der Wissenschaft bedingt einer besonderen mathematischen Durchbildung erfreut hatten.

Zu solchen bevorzugten Anschauungen werden wir einmal die durch die Newton'sche Forschung in die Wissenschaft eingeführte verallgemeinerte Gravitations-Anschauung zu rechnen haben, nach der alle in der Natur vorkommen-

den Kräfte von punktförmigen Zentren ihren Ausgangspunkt nehmen, und in punktförmigen Zentren ihren Angriffspunkt finden sollen.

Es ist sehr bemerkenswert, daß Newton in seinen Prinzipien sehr streng zwischen den Grundlagen auf der einen Seite und dem Gravitationsbegriff auf der anderen Seite trennt, während seine Kritiker es vorziehen, den verallgemeinerten Gravitationsbegriff der Zentralkraft, der doch auf Newton selbst zurückzuführen ist, in die Grundlagen der Mechanik aufzunehmen. Ich will nicht sagen, daß es zweckmäßig erscheinen kann, die Grundlagen der Mechanik von vornherein durch die Gravitation wie durch andere Erscheinungen zu erläutern; aber es ist etwas anderes, Grundlagen durch gewisse Anschauungen zu erläutern, als diese Anschauungen in die Grundlagen selbst aufzunehmen. Vor allem erscheint es mir mißlich, die Anschauung von Zentralkräften in die Grundlagen der Mechanik zu einer Zeit einzuführen, in der die Physiker im Begriff stehen, die Fernwirkungsanschauung zu Gunsten des Anschauungsmittels einer Druck- und Stoßwirkung aufzugeben oder doch wenigstens einzuschränken. Auch möchte ich die allgemeingültige Beziehung der Zentralkräfte auf alle mechanischen Vorgänge in dem Sinne bestreiten, in dem die Newton'schen *Leges* solche allgemein gültigen Beziehungen gewähren wollen.

So möchte ich es als einen noch heute zu Recht bestehenden naturwissenschaftlich methodischen Vorzug der Newton'schen Prinzipien ansehen, daß hier Grundlagen und aus der Gravitation sich ergebende Anschauungen auseinander gehalten werden, und von diesem Standpunkt aus möchte ich die Aufstellungen von E. Mach<sup>1)</sup> ebensowenig wie Boltzmann's Grundannahmen 3—7 in seinen Prinzipien der Mechanik<sup>2)</sup> als Präzisierungen des Newton'schen Systems betrachten.

1) E. Mach, *Mechanik*. 3. Aufl. S. 242. Lpz. 1897.

2) Boltzmann, *Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik*.

Haben wir an erster Stelle den Begriff der Zentralkraft als eine vom Standpunkte mathematischer Durchbildung bevorzugte Anschauung behandelt, so können wir an zweiter Stelle die Atomistik als einer in mancher Hinsicht ähnlich bevorzugten Anschauung gedenken.

Die Atomistik ist mit Erfolg bekanntlich vor hundert Jahren von der Chemie aus in die Naturwissenschaft eingeführt worden, ihre Bedeutung für diese liegt klar auf der Hand. Wenn die Atomistik damals auch innerhalb der Physik eine sehr günstige Aufnahme fand, so dürfte dies in erster Linie auf Rechnung der Nachwirkung des von Newton eingeführten Gravitationsbegriffes zu setzen sein. Die gravitierenden Kräfte sind Fernkräfte, Punktkräfte. Insofern die Atome den Charakter diskreter, punktförmiger Gebilde tragen, scheinen sie für die Anschauung sehr geeignet als Angriffspunkte bzw. Ausgangspunkte einer fernwirkenden Punktkraft dienen zu können. Diese Auffassung entspricht tatsächlich der geschichtlichen Entwicklung, war es doch z. B. Poisson, welcher sogar den Begriff der elastischen Druckkraft unter dem Bilde atomistischer Fernkräfte als Rechnungsergebnis abzuleiten versuchte.

Durch Faraday's Forschung kam in diese bis dahin einheitliche Auffassung ein gewisser Dualismus. In seinen Arbeiten über Elektrolyse blieb Faraday bei der atomistischen Anschauung stehen, aber in seinen Arbeiten über die in der Natur stattfindenden elektrischen und magnetischen Kräfte ließ sich Faraday ganz von dem ihm eigentümlichen Begriff des Kraftfeldes leiten, welcher auch bei Maxwell und

---

Lpz. 1897. S. 18 ff. Ich finde hier ein Aufgeben des in den Vorlesungen über Elektrizität (I. S. 3) niedergelegten Standpunktes, der sich gegen die direkte Fernwirkung in Distanzen, die groß gegenüber den Molekularentfernungen sind, wendet und nur die Fernwirkung zwischen Molekülen beibehält; andernfalls würde eine Bemerkung zu vermissen sein, welche die Grundannahmen 3—7 auf molekulare Entfernungskräfte beschränkt.



Hertz die Anschauung eines Kontinuums bevorzugt erscheinen ließ. Dieser Dualismus tritt in der Maxwell'schen Forschung insofern noch weiter hervor, als eines der Haupt-Arbeitsgebiete Maxwell's die kinetische Gastheorie ist, bei der von gewissen Fernwirkungs-Anschauungen zwischen den Molekülen Gebrauch gemacht wird.

In der Folge schien einem Teil der Physiker dieser Dualismus unerträglich, er glaubte sich konsequent ebenso gegen jede Fernwirkung, wie gegen die Atomistik erklären zu sollen. Ein anderer Teil der Physiker hielt ihn aufrecht, sprach teilweise von einer Physik der Materie und einer solchen des Äthers, wobei die Materie durch atomistischen Bau, der Äther als Kontinuum gezeichnet wurde.<sup>1)</sup>

Wenn die Materie nun atomistisch konstituiert ist, wirft sich die Frage auf, ob diese atomistische Konstitution der Materie für die Begründung und Grundlage der Mechanik wesentlich ist. Von dieser Seite aus hat Boltzmann — durch seine eigene Anteilnahme an der Entwicklung der kinetischen Gastheorie für die Atomistik interessiert — die Atomistik in die Grundlagen seiner Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik aufgenommen.

## 9.

*Forderung einer Darstellung der Mechanik als notwendiges und gerade hinreichendes System der Wirklichkeit.* — Es ist gewiß richtig<sup>2)</sup>, daß man ein mathematisch sehr befriedigendes, sehr klares und widerspruchloses System der Mechanik auführen kann, wenn man von vornherein unbekümmert um die Wirklichkeit ganz spezielle und sehr präzise Vorstellungen

1) Die vorstehende Skizzierung kann natürlich in keiner Weise beanspruchen, der überaus großen Mannigfaltigkeit aller einschlägigen Auffassungen gerecht zu werden, das wäre in wenigen Strichen nicht möglich und würde auch von dem Ziel des Vortrags entfernen.

2) Boltzmann, Mechanik I S. 6.

bilder zugrunde legt. Den Mathematiker mag es befriedigen, wenn er auf diese Weise ein Bild der Natur gewinnt, sofern dieses Bild in wesentlichen Zügen Übereinstimmung mit der Wirklichkeit aufweist. Aber der Physiker wird trotz der Übereinstimmung eines solchen Bildes mit der Wirklichkeit die Grundvorstellungen des Mathematikers als willkürlich bezeichnen können; er wird die Möglichkeit im Auge behalten, daß eine Reihe dieser Grundvorstellungen für die Übereinstimmung der Bilder mit der Wirklichkeit vielleicht gar nicht einmal wesentlich ist, und so wird sein Standpunkt in der Forderung gipfeln, daß die Grundlagen der Mechanik in Bezug auf die Deutung der Wirklichkeit ein notwendiges und gerade hinreichendes System darstellen sollen.

Von diesem Standpunkte will Hertz nur solche Kräfte in der Mechanik verwertet wissen, welche der Natur wirklich entsprechen; von diesem Standpunkte aus hat er der alten Mechanik gegenüber den Vorwurf gemacht, sie sei zu weitgehend und entspräche in ihrer Allgemeinheit keinen Tatsachen. Von diesem Standpunkte möchte ich auf der andern Seite darauf hinweisen, daß Tatsachen, auch wenn sie der Natur wirklich entsprechen, darum noch nicht ohne weiteres für die Mechanik wesentlich sein müssen. Man wird so, wenn wir Mach's Ausdruck von der ökonomischen Natur der physikalischen Forschung aufnehmen, ebenso an eine Ökonomie der physischen wie der logischen Mittel zu denken haben, mit denen man das Gebäude der Mechanik aufzuführen hat.

Die Aufnahme der Atomistik in die Grundlagen der Mechanik, wie sie von Boltzmann in seinen Vorlesungen versucht ist, bietet ein sehr geeignetes Beispiel zur Erläuterung der hier in Frage kommenden Anschauungen. Sie würde nach dem eben Auseinandergesetzten ihre Rechtfertigung in dem Nachweis zu finden haben, daß die Atomistik zu den notwendigen und gerade hinreichenden Grund-

lagen der Mechanik gehört, und daß die auf der Atomistik basierte Mechanik in ihren Konsequenzen mehr leistet, als die bisher ohne Rücksicht auf die Atomistik entwickelte Mechanik.

Diese Forderung, daß die auf der Atomistik basierte Mechanik in ihren Konsequenzen mehr leisten müsse, als die bisher ohne Rücksicht auf die Atomistik entwickelte Mechanik erkennt auch Boltzmann vollkommen an. Auf Seite 5 der Vorlesungen findet man eine sehr scharfe Präzisierung dieser Forderung: Wählt man die Zahl der Mannigfaltigkeitspunkte zu klein, ihren Abstand zu groß, so werden die Erscheinungen nur eine näherungsweise Darstellung finden können; geht man von hier zu einer größeren Zahl der Mannigfaltigkeitspunkte über und zu kleineren Abständen, so wird es eine Zahl und einen mittleren Abstand geben, für welche die Erscheinungen der Natur die genaueste Darstellung finden; bei weiterer Vergrößerung der Zahl wird sich die theoretische Darstellung wieder von den Erscheinungen entfernen müssen.

In dem Nachweis der Notwendigkeit dieser Forderung gerade für die Mechanik an irgend einem besonderen Falle — nicht etwa für die Anwendung der Mechanik auf kinetische Gastheorie — würde ich einen naturwissenschaftlich zwingenden Grund sehen, die Atomistik als Postulat von vornherein in die Mechanik einzuführen. Ein solcher Nachweis ist natürlich nicht so einfach und kann nicht anders geführt werden, als daß einmal der Versuch aufgenommen wird, wie es Boltzmann getan hat, die Mechanik auf dem Boden der Atomistik zu entwickeln, und dann eine Vergleichung einer solchen auf dem Grunde der Atomistik entwickelten Mechanik mit der ohne diese Grundlage entwickelten Mechanik durchgeführt wird. Eine solche Vergleichung wird zur Prüfung anregen, an welchen Stellen die Konsequenzen beider Darstellungen und Entwicklungen einen Unterschied aufweisen möchten. Die Boltzmann'sche Darstellung ver-

dient allen Dank, daß sie eine solche Vergleichung möglich macht.<sup>1)</sup>

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

10.

*Verhältnis der Newton'schen Grundsätze neueren Forderungen gegenüber.* — Die bisherigen Auseinandersetzungen werden genügen klar zu machen, unter welchen Gesichtspunkten Newton's Mechanik mit gewissen Vorzügen behaftet erscheint. Ich werde nicht beanspruchen dürfen, meine Auffassung von Newton's Mechanik als eine allgemein angenommene und gültige hinzustellen, aber ich werde vielleicht behaupten dürfen, daß meine Auffassung und Darstellung sich mit keiner Stelle in Newton's Prinzipien in Widerspruch befindet — oder wo ein solcher Widerspruch zu bestehen scheint, auf den teilweise von Newton selbst definierten, festgesetzten Sprachgebrauch zurückgegangen werden muß.

Die systematische Behandlung der Physik im Sinne Newton's wird vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus bestrebt sein müssen, ein Gebiet als Grundlage auszubauen, in dem sie der größeren Sicherheit wegen auf jede spezielle naturwissenschaftliche Hypothese verzichtet — abgesehen davon, daß sie eine solche etwa vorübergehend zur Erläuterung heranzieht — und sich auf die notwendigsten, sichersten engeren Erkenntniselemente beschränkt, um dann später ihr weiteres Gebäude unter Zuhilfenahme von Hypothesen aufführen zu können. Diese grundlegende engere

---

1) Bei den Vergleichungen, die ich in dieser Richtung bisher vorgenommen habe, kann ich allerdings nur von negativen Resultaten berichten. Für die Konsequenzen scheint mir danach die Rolle der Atomistik innerhalb der Mechanik keine wesentliche zu sein. Als wesentlich könnte ich sie nur dann bezeichnen, wenn etwa in bestimmten Formeln ein Unterschied der auf der Atomistik begründeten Mechanik von der nicht auf der Atomistik begründeten Mechanik hervortreten würde.

Disziplin war es, die Newton als *philosophia naturalis* behandelte, und die wir physikalisch wohl als Mechanik bezeichnen können.<sup>1)</sup>

Indem wir in diesem Sinne die Mechanik als Grundlage aller übrigen Zweige der Physik definieren, muß konsequenter Weise unsere Stellungnahme zu den Beziehungen zwischen Mechanik und Physik eine andere werden, als sie Mach auf Seite 486 seiner Mechanik einnimmt, nach der „die Anschauung, daß die Mechanik als Grundlage aller übrigen Zweige der Physik betrachtet werden müsse, ein Vorurteil sei“.

Diese Schranken und die Eigenart, welche bei Newton die Behandlung der Mechanik und der übrigen physikalischen Disziplinen trennt und zwar aus dem Grunde trennt, weil die Mechanik die grundlegende physikalische Disziplin sein soll, scheinen auch von Boltzmann in seiner Mechanik nicht anerkannt. Die beiden Methoden der theoretischen Physik, welche er S. 2 erwähnt, die Bilder mehr allgemein zu lassen, oder die Bilder zu spezialisieren, hatten bisher nur Beziehung auf spezielle physikalische Disziplinen, wie die theoretische Behandlung der Wärme- und Elektrizitätslehre, wobei die Mechanik bereits als bekannt vorausgesetzt wurde. Die Mechanik war es, welcher entweder selbst, oder im Anschluß an welche Bilder entnommen wurden — nicht daß die Mechanik anderen Gebieten Bilder zu ihrer Grundlegung, es sei denn zur vorübergehenden Erläuterung entnahm.

Die vorzeitige Einführung von gewissen Begriffen — wie sie durch das Gravitationsgesetz nahe gelegt sind — und von gewissen Hypothesen — wie die Atomistik eine ist —

---

1) Wird diese Darstellung als zutreffend anerkannt, so würde dann der englische Sprachgebrauch, nach dem *„natural philosophy“* soviel wie Physik bedeutet, als zu weitgehend zu bezeichnen sein. Man vergleiche die Darstellung bei Rosenberger: „I. Newton und seine physikalischen Prinzipien“. Leipzig 1895. S. 172, 173.

in die Mechanik hebt im Sinne Newton's das Argument der Induktion auf, entzieht einer naturwissenschaftlichen Behandlung die Möglichkeit nachzusehen, ob für gewisse Vorgänge und Erscheinungen z. B. die Atomistik wesentlich oder nicht wesentlich ist. Hier möchte ich an die Gedanken erinnern, die ich in meiner Note „Über notwendige und nicht notwendige Verwertung der Atomistik in der Naturwissenschaft“ auseinandergesetzt habe.<sup>1)</sup> Die Einführung der Atomistik in die Grundlagen der Mechanik scheint mir unter Berücksichtigung des am Ende des fünften Abschnittes Ausgeführten nur auf eine unnötige Mehrung der Zahl der Postulate hinauszukommen, denn in der Zahl der Postulate, welche notwendig und gerade hinreichend zu wählen sind, soll die Ökonomie der Mechanik in erster Linie ihren Ausdruck finden.

Kirchhoff hat in der Vorrede zu seiner Mechanik von gewissen Unklarheiten in den Grundlagen gesprochen und Boltzmann hat sich in seinen Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik dieser Auffassung angeschlossen (Vorwort). Kirchhoff hat gemeint, diese Unklarheiten zeigten sich „in der Verschiedenheit der Ansichten darüber, ob der Satz von der Trägheit und der Satz vom Parallelogramm der Kräfte anzusehen sind als Resultate der Erfahrung, als Axiome oder als Sätze, die logisch bewiesen werden können und bewiesen werden müssen.“

Diese Unklarheiten werden dadurch nicht aus der Welt geschafft, daß man es, wie Kirchhoff tut, überhaupt vermeidet, sich über diese Sätze auszusprechen; auch dadurch nicht, daß man, wie Boltzmann<sup>2)</sup> tut, sogleich mit hypo-

1) Wiedemann, *Annalen der Physik*. 1897. Bd. 61, S. 196—203.

2) *Anmerkung 1909*: Die vermeintlichen Unklarheiten in den Grundlagen der Mechanik finden bei Boltzmann eine sehr eigenartige Illustration durch die Behandlung des Kräfteparallelogramms. Boltzmann schließt sich S. 29 seiner Vorlesungen dem Poisson'schen Beweise des Kräfteparallelogramms an; dieser Beweis gehört

thetischen Bildern beginnt. Sie scheinen mir aber dadurch beseitigt, daß man z. B. Trägheitssatz und Satz vom Parallelogramm der Kräfte einzureihen sucht unter Newton's *Definitiones, Axiomata und Regulae*, wobei man findet, daß der Trägheitssatz eine Verbindung von Definition und Postulat ist, der insofern die Grenzen der Erfahrung übersteigt, als sich der Trägheitssatz wie jedes Postulat in seinen letzten und feinsten Konsequenzen einer Messung oder Prüfung durch die Erfahrung entzieht — der insofern aber wieder der Erfahrung angehört, als es die Erfahrung ist, welche in größeren Erscheinungen zur Formulierung des Satzes anregt. Ebenso stellt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte eine Verbindung von Definition, Postulat und Regel dar, wobei das Prinzip der Superposition die allgemeine Regula bildet, nach welcher der Begriff der Kraft von vornherein angemessen zu wählen ist.

Diese strittigen Sätze sind eben keine einfachen erkenntnistheoretischen Elemente, sondern tragen bereits einen zu-

der Statik an, wie denn die Mathematiker seit Lagrange die Mechanik überhaupt mit der Statik zu beginnen pflegen. So gehört denn auch die modifizierte Betrachtung von Boltzmann der Statik an, da aber Boltzmann seine Mechanik mit der Dynamik beginnt, und der Paragraph, den er dem Poisson'schen Beweise widmet, mitten in der Dynamik steht, wird man sagen können, daß dieser Beweis bei Boltzmann zusammenhanglos und unvermittelt in seiner Umgebung steht und somit vollkommen aus dem Rahmen seiner Darstellung herausfällt. Die Frage nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte läßt sich eben nicht von der Frage trennen, ob die Grundbegriffe dynamisch oder statisch entwickelt werden sollen — sind doch schon die Grundbegriffe der Dynamik nicht identisch mit denen der Statik (Masse — Kraft).

Boltzmann hat schon bei Beginn seiner Vorlesungen es unterlassen, an die doppelte Form einer Begründung der Mechanik zu denken. Nach dem Vorwort will er versuchen, ob sich nicht bei möglichst treuer Darstellung der Mechanik in ihrer alten klassischen Form die Dunkelheiten in den Prinzipien vermeiden lassen. Da kann man fragen, welches ist die alte klassische Form, die von Newton oder die von Lagrange?

sammengesetzten Charakter, der zu analysieren sein wird, und der erklärt, daß man diese Sätze auffassen konnte und auch teilweise auffassen durfte als Resultate der Erfahrung einerseits, als Postulate (Axiome) andererseits, gebildet nach allgemeinen Regeln, über welche sich jede grundlegende Disziplin klar zu werden die Pflicht hat.

Ich kann hier nur in jeder Beziehung E. Mach<sup>1)</sup> beipflichten, „daß gerade die scheinbar einfachsten mechanischen Sätze sehr komplizierter Natur sind, daß sie auf unabgeschlossenen, ja sogar auf nie vollständig abschließbaren Erfahrungen beruhen, daß sie zwar praktisch hinreichend gesichert sind, um mit Rücksicht auf die genügende Stabilität unserer Umgebung als Grundlage der mathematischen Deduktion zu dienen, daß sie aber keineswegs selbst als mathematisch ausgemachte Wahrheiten angesehen werden dürfen, sondern vielmehr als Sätze, welche einer fortgesetzten Erfahrungskontrolle nicht nur fähig, sondern sogar bedürftig sind.“ Und ebenso: „Der natürliche Standpunkt für den aufrichtigen Naturforscher bleibt der, das Trägheitsgesetz zunächst als eine hinreichende Annäherung zu betrachten, dasselbe räumlich auf den Fixsternhimmel, zeitlich auf die Drehung der Erde zu beziehen und die Korrektur, beziehungsweise Verschärfung unserer Kenntnis von einer erweiterten Erfahrung zu erwarten.“

## II.

*Skizze zu einem präzisierten Entwurf der Newton'schen Mechanik.* — Habe ich im Vorhergehenden Newton's Prinzipien nach mancher Richtung hin verteidigen zu müssen geglaubt, weil ich gefunden, daß die Absichten, die Newton mit seiner Darstellung verbunden, sich in manchen Punkten mit den Absichten seiner Kritiker nicht decken, so stehe ich gleichwohl auf dem Standpunkt, daß die Darstellung des

---

1) E. Mach, *Mechanik*, 3. Aufl. S. 231 u. 236.



Newton'schen Systems sehr wohl nach mancher Richtung eine redaktionelle Verbesserung verträgt. Wie ich mir eine solche denke, will ich jetzt zum Schluß noch kurz andeuten.

Nach den Beurteilungen, die Newton's Prinzipien in den letzten Jahrzehnten erfahren, müßte es als zweckmäßig bezeichnet werden, mit einer allgemeinen Methodenlehre zu beginnen, in der auseinanderzusetzen wäre, in welcher Weise Mechanik beziehungsweise Physik systematisch behandelt werden kann, im besonderen nach Newton behandelt sein will.

Eine vorausgeschickte Methodenlehre hat zugleich den Vorteil, auf die Möglichkeit einer Reihe von Darstellungen nach verschiedenen Gesichtspunkten aufmerksam machen und sich kurz darüber verständigen zu können, welcher Methode sich ein Autor befleißigt. Ein Autor, der auf das Argument der Induktion Wert legt, darf natürlich nicht nach ausschließlich formal deduktiven Gesichtspunkten beurteilt werden.

Von diesem Standpunkt aus möchte es als wünschenswert erscheinen, Newton hätte seine *Regulae philosophandi* nicht erst an die Spitze seines *Liber tertius, de mundi systemate*, sondern an den Anfang seiner Prinzipien überhaupt noch vor die *Definitiones* und *Leges motus* gesetzt. Er hätte dies vielleicht auch selbst getan, wenn nicht gerade hier — wie schon teilweise unter (2) bemerkt — in den verschiedenen Auflagen von ihm redaktionelle Änderungen vorgenommen wären, andererseits er aber sichtlich bemüht gewesen ist, Anordnung und Text in den aufeinanderfolgenden Auflagen möglichst wenig zu ändern. Geht man Newton's vier *Regulae* durch, so kann man in den ersten beiden vielleicht einen Vorläufer von Mach's Prinzip der Ökonomie erkennen; die beiden letzten heben im großen und ganzen die Bedeutung des Arguments der Induktion hervor.<sup>1)</sup> Es ist klar,

---

1) Die *Regula IV* findet sich erst in der dritten Auflage der Prinzipien 1726. Anmerungsweise mag hier eine präzise Über-

daß die Entwicklung der Wissenschaft gerade in der Methodenlehre immer neue Fortschritte zeitigen wird, und daß

---

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

setzung der *Regula IV* versucht werden, die bei Wolfers und andern dadurch verdunkelt wiedergegeben wird, daß das Stichwort *hypothesen* in der *Regula* und in der kurzen Erläuterung dazu verschieden behandelt wird:

„In der Experimentalphysik müssen die aus den Erscheinungen durch Induktion gesammelten Sätze unbeschadet etwa entgegenstehender Hypothesen entweder genau oder näherungsweise für genau gehalten werden, bis andere Erscheinungen auftreten, durch welche sie entweder genauer wiedergegeben werden oder als Ausnahmen charakterisiert werden.

Es muß dies geschehen, damit nicht das Argument der Induktion durch Hypothesen aufgehoben wird.“

*Zusatz 1909:* Diese *Regula* findet weitere Erläuterungen bei Newton — einmal durch die berühmte Stelle am Ende seiner Prinzipien in dem *Scholium generale* (S. 530 des von Thomson und Blackburn 1871 veranstalteten Wiederabdrucks der dritten Auflage der Prinzipien): „Einen Grund für die Eigenschaften der Schwere habe ich aus den Erscheinungen nicht ableiten können und Hypothesen ersinne ich nicht. Was nämlich aus den Erscheinungen nicht abgeleitet werden kann, ist als Hypothese zu bezeichnen; und Hypothesen, mögen es nun metaphysische oder physische, solche verborgener Eigenschaften oder mechanische sein, haben in der Experimentalphysik keine Stelle. In dieser Disziplin werden Sätze aus den Erscheinungen durch Deduktion abgeleitet und durch Induktion verallgemeinert“ — sodann durch eine Stelle am Ende seiner Optik (Ostwald's Klassiker No. 97 S. 146): „Wie in der Mathematik, so sollte auch in der Naturforschung bei Erforschung schwieriger Dinge die analytische Methode der synthetischen vorausgehen. Diese Analytik besteht darin, daß man aus Experimenten und Beobachtungen durch Induktion allgemeine Schlüsse zieht und gegen diese keine Einwendungen zuläßt, die nicht aus Experimenten oder aus anderen gewissen Wahrheiten entnommen sind. Denn Hypothesen werden in der Experimentalphysik nicht behandelt. Wenn auch die durch Induktion aus den Experimenten und Beobachtungen gewonnenen Resultate nicht als Beweise allgemeiner Schlüsse gelten können, so ist es doch der beste Weg, den die Natur der Dinge zuläßt, Schlüsse zu ziehen, und zwar wird der Schluß eine um so strengere Gültigkeit haben, je allgemeiner die Induktion ist. Wenn bei den Erscheinungen keine Ausnahme mit unterläuft, so kann

gerade in dieser Hinsicht die Newton'sche Darstellung fortdauernd eine Verbesserung erfahren kann.

Eine solche Methodenlehre würde heute zu gipfeln haben in der Auseinandersetzung folgender methodischer Prinzipie:

1. Prinzip der Induktion und Deduktion,
2. Prinzip der Isolation und Superposition,
3. Prinzip der Ökonomie,
4. Prinzip der Vergleichung und der damit gegebenen Oszillation.

Abgesehen von dem bekannten Prinzip der Induktion und Deduktion und den Prinzipien der Ökonomie und Vergleichung, welche durch Mach eine klassische Darstellung gefunden, möchte ich hier gerade die methodische Bedeutung des Prinzips der Isolation und Superposition für die Newton'sche Mechanik hervorheben.

Die methodischen Prinzipie der Isolation und Superposition<sup>1)</sup> besagen, daß es für jedes wissenschaftliche System darauf ankommt, die Elemente zu gewinnen, deren Äußerung sich unabhängig von anderen Äußerungen bei aller Komplikation der Erscheinungen erhält. Diese Elemente habe ich, insofern es darauf ankommt, sie in ihrer Reinheit zur Darstellung und Anschauung zu bringen, Isolationselemente — insofern es darauf ankommt, sie in ihrer Äußerung beziehungsweise Wirkung mit anderen Äußerungen (Wirkungen) zusammensetzen, Superpositionselemente genannt. Isolation und Superposition sind so in demselben Sinne methodisch-logische Vornahmen, wie Induktion und Deduktion solche sind. Die Zerlegung und Zusammensetzung von Vektorgößen sind ebenso ein sehr allgemeines physikalisches Beispiel für das Prinzip der Isolation und Superposition,

---

der Schluß allgemein ausgesprochen werden. Wenn aber einmal später durch die Experimente sich eine Ausnahme ergibt, so muß der Schluß unter Angabe der Ausnahmen ausgesprochen werden.“

1) Siehe 7. und 8. Vortrag dieser Grundzüge S. 150—176.

wie die Zurückführung gewisser physikalischer Grundelemente auf lineare Differentialgleichungen ein anderes sehr allgemeines Beispiel dafür sind.

Setzen wir dieses Prinzip der Isolation und Superposition als methodisches Prinzip voraus, so können wir die beiden ersten *Leges* von Newton in folgender Richtung präzisieren:

1. Die Trägheit ist im Sinne des Prinzips der Isolation und Superposition ein Isolationselement für alle Fragen, die sich auf Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung einer Masse in jedem Augenblick beziehen.

2. Die *Actio* (Masse mal Beschleunigung) ist im Sinne des Prinzips der Isolation und Superposition ein weiteres Isolationselement für alle Fragen, die sich auf Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung einer Masse in jedem Augenblick beziehen.

Die Beziehung der beiden ersten Newton'schen *Leges* auf das methodische Prinzip der Isolation und Superposition scheint mir den Vorteil zu haben, daß dadurch z. B. dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte seine Stellung im wissenschaftlichen System von vornherein erkenntnistheoretisch richtig und zweckmäßig angewiesen erscheint.

Wenn wir zu den drei *Leges* von Newton (das dritte ist das Prinzip von der Gleichheit der *actio* und *reactio*) noch weitere Gesetze hinzufügen wollten, welche die spätere Entwicklung der Wissenschaft gezeitigt hat und welche als in der Richtung der Newton'schen Physik liegend angesehen werden können, dann könnte es nur noch das Prinzip der Energie sein, welches nach Inhalt und Form ganz in den Rahmen der Newton'schen Physik hineinpaßt. Es ist ebenso wie das Prinzip von der Gleichheit der *actio* und *reactio* ein Integralprinzip, wie der Wert der beiden ersten *Leges* von Newton auf ihrer Anwendung als Elementarprinzip beruht (cfr. das schon am Ende von (7) Auseinandergesetzte).

Der Wert der Newton'schen Mechanik liegt, wie schon anfänglich gesagt ist, nicht in der formellen Ausbildung von

Methoden, welche die Lösung von Aufgaben nach allgemeinen Gesichtspunkten ermöglichen, er liegt, wie nicht oft genug hervorgehoben werden kann, in der Aufforderung, an allen Bearbeitungen der Mechanik das Argument der Induktion immer von neuem wieder aufzunehmen. Die Newton'sche Mechanik hat dementsprechend noch heute ihre eminent naturwissenschaftliche Bedeutung, welche die wissenschaftliche Entwicklung daran hindern wird, daß in die Mechanik Elemente Aufnahme finden, welche — so bedeutsam ihre Rolle sonst in der Physik sein mag — weder als notwendig noch als wesentlich gerade für das systematische Gebäude der Mechanik in Betracht kommen. Mathematische Gründe für die Aufnahme solcher Elemente können hier nicht ausschlaggebend sein; mag zurzeit das eine oder andere Element der Physik für eine mathematische Präzisierung bequem liegen, die Mathematik hat sich schon oft an physikalischen Aufgaben entwickelt, es ist kein Grund einzusehen, weshalb sie sich nicht auch an Fragen entwickeln soll, zu der eine induktive Behandlung der Mechanik im Sinne Newton's Anregung bietet.

## 12.

*Resultate.* — Ich möchte als wesentliches Ergebnis meiner Untersuchungen folgende Sätze aufstellen:

1. Die Grundlagen der Mechanik lassen je nach der Bevorzugung der induktiven und deduktiven Tendenzen, welche geschichtlich bei der Entwicklung der Disziplin tatsächlich maßgebend gewesen sind, eine sehr verschiedene Darstellung und Fassung zu.
2. Die Bedeutung der Newton'schen Darstellung der Prinzipien der Mechanik für die Gegenwart beruht unbeschadet anderer Darstellungen auf der Betonung des heute ebenso wie vor zweihundert Jahren zu Recht bestehenden erkenntnistheoretischen Arguments der Induktion.

3. Es entspricht der Auffassung von Newton, die Mechanik als die grundlegende Disziplin der gesamten Physik zu definieren, in diesem Sinne ist der Titel des Werkes *Philosophiae naturalis principia mathematica* zu verstehen, in diesem Sinne erfordert die Mechanik im Vergleich zu den einzelnen physikalischen Disziplinen eine besondere Grundlegung.

4. Die durch eine solche Definition der Mechanik angewiesene Stelle unter den physikalischen Disziplinen legt der Newton'schen Mechanik bei ihrer Grundlegung den Zwang auf, sich physikalischer Anschauungen, wie es die Fernwirkungsanschauung ist, ebenso zu enthalten wie physikalischer Hypothesen, wie es die Atomistik ist. Die Anwendung der mechanischen Grundsätze auf diese muß vielmehr den einzelnen Disziplinen überlassen werden.

5. Diese Stellungnahme empfiehlt sich umso mehr, als der Fernwirkungsanschauung ebenso wie der Atomistik noch gegenwärtig eine sehr verschiedene, zum mindesten sehr geteilte Bedeutung beigelegt wird. Basiert man die Mechanik auf die Existenz von Zentralkräften, so schließt man überdies damit eine Reihe von Erscheinungen aus, die unzweifelhaft zur Mechanik gehören und die nicht notwendig auf Zentralkräfte zurückführen.

6. Diese Stellungnahme empfiehlt sich auch insofern, als bei ihr zum erkenntnistheoretischen Nutzen die Schranken, in denen sich die Grundlegung der Mechanik bewegt, in Beziehung treten zu den Schranken der sinnlichen Wahrnehmung, welche nun einmal die Erkenntnis vermittelt.

7. Das unter (6) eingeführte psychologische Element kann allerdings für sich allein nicht ausschlaggebend sein, die Mechanik in der einen oder anderen Weise zu behandeln. Es erhält aber seine Bedeutung angewiesen aus dem Vergleich der Newton'schen Mechanik mit anderen Darstellungen der Mechanik, wie die Boltzmann's, welche durch

vorzeitige Einführung der Atomistik schon in der Grundlegung die Schranken sinnlicher Wahrnehmung übersteigt.

8. Solche andersartigen Darstellungen haben in der Übereinstimmung ihrer Konsequenzen mit den Konsequenzen des Newton'schen Standpunktes ergeben, daß der Newton'schen Mechanik aus dem Ausschluß hypothetischer Bilder und Elemente bisher kein Mißstand erwachsen ist. Der Vergleich zeigt im Besonderen, daß es nicht in jeder Hinsicht nötig, auch nicht immer nützlich ist, die Mechanik sozusagen *ab ovo* — d. h. hier vom Atom aus — zu begründen.

9. Die Newton'sche Mechanik überschreitet bei der Aufstellung ihrer Postulate auch gewisse Schranken, aber diese liegen anders: die unbegrenzte Genauigkeit der Anschauung, zu der wir uns in den Newton'schen Postulaten erheben, spielt nicht wie bei den physikalischen Hypothesen auf ein sinnlich heterogenes Gebiet über, sie hat nur den Zweck, der Mathematik die Möglichkeit einer mathematischen Präzisierung und Behandlung zu eröffnen.

---

## Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre Kritik durch Hertz (1901).

„Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“. Vierzehnter Jahrgang. Fünftes Heft. September 1901. S. 266—283.<sup>1)</sup>  
Mit Erlaubnis der Verlagsbuchhandlung J. Springer-Berlin von neuem abgedruckt.

### I.

*Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik ein gewisses undefinierbares Mixtum compositum einer Entwicklung.* — Hertz hat in der Einleitung zu seinen Prinzipien der Mechanik an erster Stelle ein Bild der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik skizziert, um daran bei aller Anerkennung ihrer zahllosen Erfolge eine Kritik zu üben, welche sein Unternehmen auch in historischer Hinsicht rechtfertigen soll, die Mechanik in neuem Zusammenhang darzustellen.

So treffend eine ganze Anzahl seiner Bemerkungen erscheint, so sehr es begrüßt werden muß, wenn eine so fun-

---

1) Der vorliegende Aufsatz war abgeschlossen, als die vierte Auflage der Mechanik von E. Mach 1901 erschien. In dieser neuen Auflage widmet Mach S. 269—276 der Besprechung der Hertz'schen Mechanik, die in der dritten Auflage von 1897 nur kurz gestreift war, einen besonderen Abschnitt. Zu meiner Freude besteht vollständige Übereinstimmung zwischen Mach und mir in der Auffassung, daß Hertz der gewöhnlichen Mechanik weder historisch noch kritisch gerecht geworden ist. Bei dem großen Einfluß, den die Hertz'sche Beurteilung der gewöhnlichen Mechanik auszuüben scheint, dürfte meine vorliegende ausführlichere Publikation durch die kurze mehr skizzenhafte Besprechung bei Mach S. 271 kaum als überflüssig befunden werden.



damentale Disziplin, wie es die Mechanik ist, eine neue Darstellung erfährt, so sehr hat seine Kritik der historischen **Mechanik in mancher Hinsicht** über das Ziel hinausgeschossen. Es erscheint um so notwendiger, die Hertz'sche Kritik der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik einmal einer Besprechung zu unterziehen und sie in ihren Hauptpunkten zu präzisieren, als viele Physiker, zu historischen Studien wenig geneigt, auch in der Beurteilung der Newton'schen Mechanik der in so vielen anderen Dingen wohlbewährten Autorität von Hertz zu folgen willens sein werden.

Jede schiefe Beurteilung oder gar Unterschätzung der historischen Mechanik kann aber um so leichter für die weitere Entwicklung der physikalischen Disziplin verhängnisvoll werden, als die jüngere Generation, ohnehin dem Eindruck des Neuen zugänglicher, von dem Studium älterer Klassiker mehr als wünschenswert abgelenkt wird. Es könnte dann im weiteren Verlauf der Entwicklung der Wissenschaft leicht so kommen, daß nach vielen Umwegen schließlich Dinge für die Grundlegung der Mechanik und Physik als notwendig erachtet und hingestellt werden, welche sich bereits sehr schön in der Darstellung älterer Klassiker auseinandergesetzt finden.

Es wird hierbei zu berücksichtigen sein, daß jede Zeit ihre wissenschaftliche Stärke in einer besonderen Richtung sieht und walten läßt, und daß sie ihre intellektuellen Kräfte in dieser Richtung entwickelt. Wie die Geschichte der Völker und Staaten Gipfelpunkte des künstlerischen und religiösen Lebens aufweist, welche späteren Generationen verloren gehen und als ein zunächst nicht wieder so leicht und ohne weiteres erreichbares Ideal vorschweben mögen, so finden auch in der Geschichte der Wissenschaften Zeiten der Grundlegung durch Zeiten des Ausbaues ihre Ablösung. Jede solche irgendwie charakterisierte Zeitperiode läßt das Verständnis für die Angemessenheit irgend welcher Betrachtungsweisen in demselben Maße schwinden, als sie die

Fähigkeiten nach anderen Richtungen weckt und fördert. Die naturgemäße Entwicklung der Wissenschaft scheint es auf diese Weise mit sich zu bringen, daß die Aufmerksamkeit und Wertschätzung von den Elementen abgelenkt wird, deren Auseinandersetzung und Untersuchung das Studium der Erkenntnis niemals ganz entraten kann und darf.

Von diesem psychologisch durchaus begreiflichen Standpunkt aus ist es sehr wohl erklärlich, daß in Zeiten des Ausbaues eine von Hause aus gesunde und angemessene Fundamentierung des wissenschaftlichen Systems der Mechanik in ihrer Bedeutung unterschätzt und durch eine weniger vollkommene ersetzt erscheint. Im Gegensatze dazu scheint Hertz (Seite 6) von der meines Erachtens anfechtbaren, geschichtlich jedenfalls ungerechtfertigten Voraussetzung auszugehen, daß jede Zeit alle Errungenschaften und Vorzüge vergangener Zeiten einfach und voll in sich aufnimmt. Nein, ein guter Teil geht in Überschätzung des Neuen für eine Zeit verloren, und so wird es gar nicht überraschend erscheinen, logische Unvollkommenheiten in sonst sehr brauchbaren Darstellungen der Mechanik aufzufinden, welche sich als ein gewisses, undefinierbares *Mixtum compositum* einer Entwicklung darstellen, das bei nicht immer gleicher Sorgfalt und bei nicht immer gleichen Anforderungen sich mit der Fundamentierung des Ganzen abzufinden sucht.

Wenn mich meine Wahrnehmung nicht täuscht, — und die Mechanik von Hertz ist mit ein Beweis dafür — ist die gegenwärtige Zeitperiode einer strengen Betrachtung der Grundlagen der Wissenschaft sehr wohl zugetan, und die Bemerkung von Hertz über die „wachsende Sorgfalt, welche in den neueren Lehrbüchern der Mechanik der logischen Zergliederung der Elemente gewidmet wird“ (Seite 10), ist gewiß zutreffend.

Auf eine strenge Betrachtung der Grundlagen aber in noch viel höherem Grade, als die Gegenwart, geradezu angewiesen war die Zeit, in der diese Grundlagen — wenigstens

in ihren ersten Zügen — geschaffen wurden. Kann es uns da wunderbar erscheinen, wenn wir gerade in Newton's Prinzipien manche Dinge und Auseinandersetzungen zu suchen haben werden, die noch heute in vieler Hinsicht uns vorbildlich sein können? wenn wir die Stärke der an Newton knüpfenden späteren Entwicklung nicht immer gerade in den Versuchen einer veränderten Grundlegung der Grundbegriffe, als vielmehr in dem Ausbau der Disziplin zu sehen haben werden?

## 2.

*Rolle des Zufälligen in der historischen Entwicklung. — Notwendigkeit historische und logische, statische und dynamische Grundanschauungen auseinanderzuhalten.* — Mit den letzten Bemerkungen habe ich bereits den Punkt gestreift, in dem die Hertz'sche Besprechung der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik — meiner Auffassung gemäß — nicht glücklich und nicht ganz zutreffend einsetzt (Seite 5).

Hertz will unter der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik „die in den Einzelheiten abweichende, in der Hauptsache übereinstimmende Darstellung fast aller Lehrbücher, welche das Ganze der Mechanik behandeln, fast aller Vorlesungen, welche sich über den gesamten Inhalt dieser Wissenschaft verbreiten“, verstehen.

Wir könnten eine solche Berufung auf die große Masse vorhandener Darstellungen, deren Tendenz und Stärke in der Regel in der Auseinandersetzung der Grundbegriffe nicht zu liegen pflegt, ihrer Unbestimmtheit wegen beanstanden. Aber die Zweckmäßigkeit einer solchen Berufung einmal zugestanden, hat bereits die weitere Aussage, daß jene gewöhnliche Darstellung „genau dem Gange der historischen Entwicklung und der Reihenfolge der Entdeckungen“ folgt, ihre Bedenken und erfordert zum mindesten eine Erläuterung.

Die historische Entwicklung der Mechanik ist nicht immer hinsichtlich der ursprünglichen Grundlegung eine logische

gewesen. So manche Zufälligkeiten, nicht zum mindesten die Auffindung und Aufstellung großer Gesetze und Hypothesen: Gravitation, Atomistik, haben auf die Versuche einer Grundlegung der Mechanik zurückgewirkt und ihr ein Gepräge aufgedrückt, welches — aus dem mehr oder weniger nachwirkenden Eindruck jener Errungenschaften wohl begreiflich — doch über das Ziel hinausging und für die logische Grundlegung weniger in Betracht kam. Was vollends die gewöhnliche Darstellung der Mechanik — im Sinne von Hertz — betrifft, so hat sie nach meiner Auffassung aus geschichtlichen Entwicklungsmomenten der Physik nach mehr oder weniger willkürlichen Gesichtspunkten Auswahl getroffen — Gesichtspunkten, die für eine erkenntnistheoretisch befriedigende Grundlegung des ganzen Systems nicht immer ausschlaggebend sein konnten.

Der Gang der historischen Entwicklung und die Reihenfolge der Entdeckungen wird in ihren Hauptstationen durch die Namen eines Archimedes, Galilei, Newton, Lagrange richtig gekennzeichnet, wenn man den Ausbau der Mechanik vor Augen hat; hinsichtlich der Grundlegung der Mechanik ist zu bemerken, daß sie ganz wesentlich von Galilei und Newton herrührt, daß diese Grundlegung unter dem Einfluß des von Newton aufgestellten Gravitationsbegriffes und unter dem Einfluß der vor hundert Jahren mit Erfolg in die Chemie eingeführten Atomistik nicht zugunsten des Ganzen eine Verschiebung und damit eine Trübung erfahren hat, welche bis auf die heutige Zeit ihre Fortsetzung gefunden.

Es muß durchaus daran festgehalten werden, daß die Darstellung von Newton als gegebene, nicht weiter aufeinander zurückführbare Vorstellungen die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse zugrunde legt und sich wesentlich darauf beschränkt. Der Begriff der Kraft ist im Sinne der Newton'schen Mechanik nicht ein Grundbe-

griff, wie es Raum, Zeit und Masse sind, er erscheint als ein durchaus aus den Begriffen des Raumes, der Zeit und der Masse abgeleiteter Begriff. Die Begriffe des Raumes, der Zeit, der Masse sind Gegenstand besonderer Begriffspostulate, der Begriff der Kraft ist Gegenstand eines besonderen Verknüpfungspostulates, welches seine Rechtfertigung wesentlich in der Erfahrung findet.

Der Begriff der Kraft hat in dem Gang der historischen Entwicklung der Mechanik eine sehr mannigfaltige Rolle gespielt, und es kann daher durchaus nicht zur Klarheit beitragen, wenn dieser Begriff innerhalb der Forschungen eines Archimedes, Galilei, Newton, Lagrange als im wesentlichen identisch betrachtet wird, oder wenn für den Gang dieser Forschungen die historische und die logische Entwicklung der Mechanik identifiziert erscheint.

Die Forschung eines Archimedes ist wie die des Altertums im wesentlichen der Statik zugewandt, die Forschung eines Galilei und Newton der Dynamik, die Forschung eines Lagrange der Verbindung beider. In der Statik mag der Kraftbegriff als Grundbegriff dem Massenbegriff vorangestellt werden, wie denn die Statik der Betrachtung von Gewichten gegenüber der Betrachtung von Massen den Vorzug gewährt. Der Übergang von der Statik zur Dynamik oder die Zurückführung der Dynamik auf die Statik, wie sie sich bei Lagrange findet, mag dann der Auffassung Vorschub leisten, daß die Kraft eingeführt erscheint als „die vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehende Ursache der Bewegung (Seite 5). In der Dynamik Newton's erscheint die Statik als ein spezieller Fall der Dynamik, die Dynamik wird vorangestellt und mit ihr die Grundbegriffe des Raumes, der Zeit und der Masse.

Die in der Wirklichkeit auftretenden mechanischen Bewegungsvorgänge weisen im Sinne Newton's typisch wiederkehrende Verbindungen, Verknüpfungen der drei Grund-

begriffe miteinander auf, und lediglich diese Aussage ist es, welche auf die Verknüpfungs-Axiome oder Verknüpfungs-Postulate: die drei Newton'schen *Axiomata sive Leges motus* führt. Ich kann hier wörtlich mit Hertz in seiner dritten Darstellung (Seite 33) sagen: „Es erweist sich als zweckmäßig, den Begriff der Kraft einzuführen,“ aber ich muß durchaus im Gegensatz zu Hertz in seiner ersten Darstellung (Seite 5) sagen: Die Kraft wird nicht eingeführt als die vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehende Ursache der Bewegung, wie denn die Newton'sche Mechanik überhaupt nichts mit Ursachen zu tun hat und zu tun haben will.<sup>1)</sup>

3.

*Das Beispiel des an einer Schnur im Kreise herumgeschwungenen Steines.* — *Das Recht jedes wissenschaftlichen Systems Erscheinungen als einfache zum Ausgange zu wählen.* — Behandeln wir das von Hertz gewählte Beispiel: den an einer Schnur im Kreise herumgeschwungenen Stein (Seite 6). Wir fragen im Sinne der Newton'schen Mechanik nicht, auf welche Weise wir die Bewegung im Kreise herstellen; wir gehen von der vorhandenen irgendwie hergestellten Bewegung im Kreise aus. Die Festigkeit der Schnur hindert die Bewegung des Steines in gerader Linie, wie sie dem ersten Newton'schen Bewegungsgesetz (Trägheitsprinzip) entsprechen würde, die Gültigkeit des zweiten Newton's-

---

1) Ich habe schon in meinem Aufsatz „*Über Newton's Philosophie naturalis principia mathematica und ihre Bedeutung für die Gegenwart*“ 1898 (*Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr.*) darauf hingewiesen, und ich sehe mich veranlaßt, das hier zu wiederholen, daß es zur Beurteilung Newton's durchaus nötig ist, auf das Original zurückzugehen, daß insbesondere die Übersetzung von Wolfers gerade für die vorliegenden Fragen durch ihre Willkürlichkeiten ein ganz falsches Bild gibt (cf. S. 357, 369, 383).

schen Bewegungsgesetzes (Aktionsprinzip) fordert die Existenz einer *Actio*, welche nach dem dritten Newton'schen Bewegungsgesetz (Reaktionsprinzip) die Existenz einer *Reactio* fordert. Hier ist im Sinne Newton's nichts Ursache, nichts Folge, nichts vorher und nachher: untrennbar tritt das eine zusammen mit dem anderen auf.

Die *Actio* ist die durch die Festigkeit des Fadens bedingte Abweichung des geschleuderten Körpers von der durch den Trägheitssatz vorgeschriebenen Bewegung. Die *Reactio* findet ihren Ausdruck in der Spannung des Fadens, welche ebenso die Festigkeit des Fadens, wie die Festigkeit des Zentralpunktes der Schleuder bis zu einem gewissen Grade beansprucht.

Aber auch mit Hertz zugegeben, daß das so einfach erscheinende Beispiel der Schleuder „in der üblichen Rede-weise der Mechanik das klare Denken in Verlegenheit setzen“ kann, so wäre noch zu bemerken, daß den Ausgangspunkt der Newton'schen Mechanik durchaus die Theorie der freien Bewegung bildet. Jedes wissenschaftliche System hat das Recht zu wählen, welche Erscheinungen es als einfach zum Ausgangspunkt wählen will, welche nicht<sup>1)</sup>; in der Wahl der als einfach bezeichneten Erschei-

1) Diese Ausdrucksweise kann mißverstanden werden; man kann objektiv richtig sagen: Das Einfache liegt in der Natur der Dinge, und darum kann von einer Willkür in der Wahl des Einfachen nicht die Rede sein. — Ich weise aber hier auf das Doppelgesicht der Forschung hin, welche auf der einen Seite ein außer uns liegendes Objekt zum Gegenstand hat, welche auf der anderen Seite von uns als einem dem Gegenstand fremden Subjekt angestellt wird. Unsere Forschung und damit unsere wissenschaftlichen Systeme und Theorien lassen sich nun einmal von unserem Subjekt nicht ganz loslösen, so sehr der Versuch berechtigt ist, es zu tun. Darin liegt die unvermeidliche Quelle des Irrtums, der Willkür in der Wahl der Ausgangspunkte der Systeme und Theorien, der Willkür in der Wahl der als einfach zu deutenden Erscheinungen. — Man vergleiche auch meine Vorlesungen „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“ S. 6, § 3: Gegenüberstellung objektiver und sub-

nungen wird sich das eine wissenschaftliche System von dem anderen unterscheiden.

Die Emanationstheorie des Lichtes behandelt den Intensitätsbegriff des Lichtes als einfachen Begriff und wählt ihn zum Ausgangspunkt, die Undulationstheorie behandelt den Wellenbegriff als einfach und leitet daraus den Intensitätsbegriff ab. Natürlich bereitet der einen Theorie das eine größere Schwierigkeit, was die andere als einfachen Ausgangspunkt wählt. Die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten, die Aberration, welche sich der Emanationstheorie sozusagen als unmittelbare organische Folge ihrer Prämissen ergab, stellt sich in der Undulationstheorie erst nach mannigfachen Zwischenbetrachtungen, dann allerdings auch genauer, als erste Näherung dar.

Mit den Behandlungen der Mechanik liegt die Sache ganz ähnlich. Je nach dem Standpunkt der Theorien können Zweifel darüber bestehen und haben in der Entwicklung der Wissenschaft Zweifel darüber bestanden, welche Systeme materieller Körper sich als besonders einfach zum Ausgangspunkt der Betrachtung eignen — in der üblichen Terminologie: die freien oder die bedingten Systeme.

Beginnt man die Mechanik mit der Statik, wie es das Altertum und wie es Lagrange getan hat, — also mit der Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte, dann erscheint damit die Behandlung des bedingten Systems in den Vordergrund gerückt und diese wird als die einfache erklärt. Das bedingte System ist es auch lediglich, welches die Beziehungen zu unserem Tastgefühl vermittelt, welches gestattet, den Kraftbegriff in Beziehung zu einem Bewußtseinsinhalt in dem Sinne zu setzen, in dem Hertz Seite 6 sagt: „Wir schwingen einen Stein an einer Schnur im Kreise herum;

---

jektiver Auffassungsmomente der Erfahrung. Ich zitiere im folgenden mein Buch kurz als „Vorlesungen“; cf. auch 2. und 3. Vortrag dieser Grundzüge S. 25—48.



wir üben dabei bewußtermaßen eine Kraft auf den Stein aus“ und weiter: „der Stein wirkt auf die Hand zurück“.

Die Newton'sche Mechanik erklärt die Behandlung des freien Systems als die einfache und darum zum Ausgangspunkt der Betrachtung angemessene, geeignete. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, wäre bei Hertz das Beispiel der Schleuder, weil es dem Fall einer bedingten Bewegung entspricht und die bedingte Bewegung eben nicht den Ausgangspunkt der Newton'schen Behandlung bildet, nicht einmal sehr gerecht gewählt. Die bedingte Bewegung ist im Sinne der Newton'schen Mechanik keine einfache Bewegung, das bedingte System ist überhaupt der am wenigsten ausgebildete und darum schwächste Teil der Newton'schen Mechanik. Hier hat erst das d'Alembert-Lagrange'sche Prinzip die Newton'sche Mechanik gekrönt.

In der freien Bewegung erweist sich die durch die Abweichung vom Trägheitssatz gegebene *Actio* im Sinne von Hertz (Seite 33) auch bei Newton zunächst durchaus „als eine mathematische Hilfskonstruktion, deren Eigenschaften wir völlig in unserer Gewalt haben, und welche also auch für uns nichts Rätselhaftes an sich haben kann“; in der bedingten Bewegung kann sie sich aber doch wohl als eine sehr reale Tatsache erweisen, welche unter Gültigkeit des Reaktionsprinzips sehr sichtbare Spuren ihrer realen Wirksamkeit hinterlassen kann.

Um noch eine Bemerkung an das Beispiel der Schleuder zu knüpfen: Die Spannung des Schleuderfadens ist in einer gegenwärtig üblichen Terminologie eine Tensorgröße, keine einfache Vectorgröße. Insofern erscheint gerade der gespannte Faden in dem von Hertz gewählten Beispiel der Schleuder sehr wohl geeignet, ein Fall der realen Existenz einer *Actio* ebenso zu vergegenwärtigen wie den einer *Reactio*, einen Fall, in dem es sich nicht bloß um eine mathematische Hilfskonstruktion handelt.

4.

*Stellung zu Newton's Definition der Masse sowie zu Newton's Aktions- und Reaktionsprinzip.* — Hertz unterscheidet bei der Besprechung der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik zwischen der Definition der Kraft: „der vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehenden Ursache der Bewegung“ und den beiden ersten Bewegungsgesetzen — sagen wir dem Aktionsprinzip.

Diese Unterscheidung liegt nicht im Sinne der konsequent entwickelten Newton'schen Mechanik. Ich habe schon vorhin bemerkt, daß bei Newton von Ursachen überhaupt nicht die Rede ist. Die Kraft identisch mit dem Begriff der *Actio* ist Gegenstand und Definition des Aktionsprinzips, also des zweiten Newton'schen Bewegungsgesetzes. Studium der Natur und Erfahrung legen den durch Masse und Beschleunigung definierten Aktionsbegriff (Kraftbegriff) als Ansatz nahe, mit dem man in die Betrachtung hineinzugehen hat.

Das Aktionsprinzip, gewonnen aus dem Studium der Bewegung ausgedehnter Körper, wird aufgestellt und verwertet als Elementarprinzip, während das Reaktionsprinzip durchaus als Summen- und Integralprinzip aufgestellt und verstanden sein will.<sup>1)</sup> Wenn Hertz den Sinn des Reaktionsprinzips darin sieht (Seite 7): „daß die Kräfte stets zwei Körper verbinden und ebenso gut vom ersten zum zweiten, wie vom zweiten zum ersten gerichtet sind,“ so faßt er dabei das Reaktionsprinzip durchaus zu eng und läßt sich zu ausschließlich von der Anschauung von Kräften in der Richtung der Verbindungslinie zweier Körper leiten. Die Bedeutung des Reaktionsprinzips bei Newton ist eine viel

1) Ich beziehe mich der Kürze wegen hier auf das in meinen Vorlesungen § 39 Beigebrachte. Man sehe auch die in dem Sachregister meines Buches S. 368 und 369 unter den Stichworten „Reaktionsprinzip“ und „Integralprinzip“ aufgeführten Hinweise nach.

allgemeinere, überspezielle Kraftvorstellungen hinausgehende, wie denn überhaupt das dritte Bewegungsgesetz einen ganz neuen, von den beiden ersten Bewegungsgesetzen unabhängigen Erfahrungsinhalt postuliert und hinzutut.<sup>1)</sup>

Hertz macht im weiteren psychologische Momente geltend, um die Zulässigkeit des Bildes der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik zu verdächtigen; er beruft sich auf die Erfahrung, wie schwer es ist, „gerade die Einleitung der Mechanik denkenden Zuhörern vorzutragen, ohne einige Verlegenheit, ohne das Gefühl, sich hier und da entschuldigen zu müssen, ohne den Wunsch, recht schnell über die Anfänge hinwegzugelangen zu Beispielen, welche für sich selbst reden“ (Seite 8).

An erster Stelle bezieht sich Hertz auf die Darstellungen von Newton, Thomson und Tait, Lagrange. Wir scheiden hier die Äußerungen von Thomson und Tait, sowie von Lagrange aus. Die Bemerkungen, die Hertz an die Auffassung und an die Äußerung dieser Autoren knüpft, sind nicht ungerechtfertigt, ja sie sind es vielleicht in erster Linie gewesen, die Hertz zu seiner Kritik der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik Anlaß gegeben. Uns interessiert ausschließlich die Darstellung von Newton, oder die konsequent im Sinne Newton's entwickelte Darstellung.

Ich habe schon an anderer Stelle (in meinem Aufsatz über Newton 1898) darauf hingewiesen, daß gerade die einleitende Darstellung von Newton's Prinzipien in ihrer Bedeutung und Stellung bisher eine angemessene Interpretation nicht gefunden zu haben scheint.<sup>2)</sup> Auch Hertz erweist sich in der üblichen Interpretation befangen.

1) Man kann hier gleich an die Erweiterung des Reaktionsprinzips denken, wie sie mit Vorteil zuerst Helmholtz — versteckt liegt sie schon in Newton's Darstellung — in die Flächensätze eingeführt hat. Man vergleiche meine „Vorlesungen“ S. 131.

2) Es liegen nach meiner Auffassung der Darstellung bei Newton auf der einen Seite und der Darstellung anderer Autoren (Mach,

Wenn die Masse als ein Grundbegriff des Systems hingestellt wird, wie es Raum und Zeit sind, so sprechen wir damit von vornherein die Unmöglichkeit aus, die Masse systematisch und logisch auf die Begriffe des Raumes und der Zeit zurückführen zu können. Die Masse wird eben als ein von den Begriffen des Raumes und der Zeit unabhängiger Grundbegriff aufgestellt und kann nur durch vorläufige Bezugnahme auf spätere Begriffe eine vorläufige Umschreibung finden.

Es ist nicht ohne Interesse, gerade hinsichtlich der Einführung des Massenbegriffes die Darstellung von Newton mit der von Hertz zu vergleichen.

Newton beginnt seine Festsetzung des Massenbegriffes mit der vielbesprochenen *Definitio I*: „*Quantitas materiae est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim.*“ Wollen wir Newton gerecht werden, dürfen wir aber nicht bloß bei einer willkürlichen Interpretation dieses isoliert aus der Darstellung herausgenommenen Satzes stehen bleiben, wir müssen auch seine Erläuterungen dazu nehmen, und aus diesen Erläuterungen möchte ich hier die Schlußsätze hervorheben: „Die Masse findet ihre Bestimmung durch das Gewicht des Körpers, denn daß die Masse dem Gewichte proportional sei, habe ich durch sehr genau angestellte Pendelversuche gefunden, wie später gezeigt werden wird.“

Hertz beginnt seine Festsetzung des Massenbegriffs (Seite 158) mit den Worten: „Die mit den greifbaren Körpern bewegten Massen bestimmen wir mit Hilfe der Wage,“ und schließt mit den Worten: „Die Festsetzung ist in Hinsicht der greifbaren Körper bestimmt und eindeutig, abgesehen von den Unsicherheiten, welche es überhaupt nicht

---

Mechanik, 4. Aufl., S. 255 ff.) z. B. hinsichtlich der Einführung des Massenbegriffs auf der anderen Seite ganz verschiedene Absichten zugrunde. Eine Kritik des Massenbegriffs bei Newton schießt aus diesem Grunde bei der Mehrzahl der in Betracht kommenden Autoren, wie bei Mach, am Ziele vorbei.

gelingt aus unserer wirklichen Erfahrung fernzuhalten, weder aus der früheren noch aus der zukünftigen“.

Wenn wir nach dem ganzen Zusammenhange diese Festsetzungen bei Newton und bei Hertz vergleichen, so überrascht geradezu die Gleichförmigkeit in der Art der Darstellung und der Einführung des Massenbegriffs. Die Festsetzungen tragen bei beiden Autoren einen durchaus präliminaren Charakter. Als einziger Unterschied mag bei Newton die vorangestellte Erläuterung des Massenbegriffs durch den Dichtigkeitsbegriff empfunden werden; wir werden nicht fehlgehen, wenn wir die Vermutung aussprechen, Newton habe durch diese präliminare Umschreibung Wert darauf legen wollen, den Massenbegriff an sich als einen unabhängig von allen Bewegungsvorgängen gültigen Begriff hinzustellen.

Man kann natürlich bei der Einführung des Massenbegriffs alle möglichen Aufstellungen machen: hier handelt es sich, den Standpunkt zu gewinnen, welcher der Analyse unserer einschlägigen Erkenntnis am besten Rechnung trägt. Mit der Einnahme und Wiederholung eines lediglich historischen Standpunktes ist hier auch nichts gewonnen; es handelt sich um die Postulierung des von Raum und Zeit unabhängigen Grundbegriffs der Masse vom Standpunkt des Newton'schen Systems. Indem wir den Massenbegriff als einen allgemein mechanischen Grundbegriff postulieren, wollen wir weder dynamische noch statische Erfahrungen bevorzugen: wir suchen beiden in gewissem Sinne vorzugreifen, er soll auf beide in gleicher Weise anwendbar sein.

Wenn sich der Begriff der Masse von vornherein klar und bestimmt hinstellen ließe, wäre er kein Grundbegriff; — bei dem Begriff der Kraft, welcher im Sinne des Newton'schen Systems ein abgeleiteter Begriff ist, liegt die Sache ganz anders. Von der Frage nach der systematischen Stellung des Massenbegriffs ist wesentlich zu unterscheiden die Frage nach der praktischen Bestimmung von Massen-

maßen, andernfalls die statische Massenmessung an der Wage den naturgemäßen Ausgangspunkt des Systems zu bilden hätte.

Wie mit dem Massenbegriff verhält es sich auch mit dem Raumbegriff und Zeitbegriff. Die Darstellung bei Newton und bei Hertz ist auch für den Raum- und den Zeitbegriff im wesentlichen dieselbe; sie ist bei Newton ausführlicher und daher vielleicht vorzuziehen. Jedenfalls kann die Darstellung von Hertz nur eine schöne Bestätigung dafür abgeben, was hier für die Einführung angemessen, was möglich ist. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, ohne Präliminarien — vorläufige Bezugnahmen — in die exakte Behandlung einer Disziplin, wie es die Mechanik ist, einzuführen. Am Anfang der Mechanik treten uns eine Reihe von Begriffen entgegen, die ohne Beziehung auf künftige Erfahrung unmöglich eine Erläuterung finden können; erst im Laufe der weiteren Behandlung wird die Möglichkeit eröffnet, die vorläufigen Erläuterungen und Beziehungen weiter zu präzisieren.

In meinen Vorlesungen „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“ (Leipzig 1900) habe ich den Versuch gemacht, von neuem die Newton'sche Mechanik in ihrer Konsequenz und Angemessenheit, den heutigen erkenntnistheoretischen Forderungen entsprechend zu entwickeln. Ich habe dabei eine „Verlegenheit und den Wunsch, um jeden Preis vorwärts zu kommen“ (Hertz, Seite 8) nicht verspürt, im Gegenteil habe ich nicht ohne Behagen und mit einer gewissen Muße gerade bei Auseinandersetzung der in Betracht kommenden erkenntnistheoretischen Momente verweilt, zumal mir diese nach meinem Entwicklungs- und Bildungsgange besonders bequem liegen.

5.

*Abhängigkeit elementarer Sätze, wie Satz vom Parallelogramm der Kräfte, Satz der virtuellen Geschwindigkeiten von dem je-*

*willigen erkenntnisgemäß gewählten Standpunkte.* — An zweiter Stelle (Seite 8) beruft sich Hertz auf die „Tatsache, daß wir schon für die elementaren Sätze der Statik, für den Satz vom Parallelogramm der Kräfte, den Satz der virtuellen Geschwindigkeiten usw. zahlreiche Beweise besitzen, welche von ausgezeichneten Mathematikern herrühren, welche den Anspruch machen, streng zu sein, und welche doch wieder nach dem Urteil anderer hervorragender Mathematiker diesem Anspruch keineswegs genügen. In einer logisch vollendeten Wissenschaft, in der reinen Mathematik, ist eine Meinungsverschiedenheit in solcher Frage schlechterdings undenkbar“.

Wir können zunächst hier wieder darauf hinweisen, daß das Newton'sche System der Mechanik wesentlich einen dynamischen Ausgangspunkt nimmt, und daß die erwähnten elementaren Sätze schon aus dem Grunde erkenntnistheoretisch einen verschiedenen Charakter tragen können, je nachdem man die Mechanik auf der Dynamik oder auf der Statik aufbauen will. Aber wir wollen einmal von derartigen Untersuchungen hier absehen.

Die Stelle bei Hertz hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Stelle bei Kirchhoff in der Vorrede zu seiner Mechanik, an der er von der Unklarheit der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik spricht. Kirchhoff führt dort aus: „Diese Unklarheit hat sich z. B. gezeigt in der Verschiedenheit der Ansichten darüber, ob der Satz von der Trägheit und der Satz vom Parallelogramm der Kräfte anzusehen sind als Resultate der Erfahrung, als Axiome oder als Sätze, die logisch bewiesen werden können und bewiesen werden müssen. Bei der Schärfe, welche die Schlüsse in der Mechanik sonst gestatten, scheint es mir wünschenswert, solche Dunkelheiten aus ihr zu entfernen“.

Ich habe schon an einer anderen Stelle (in meinem Aufsatz über Newton 1898) entgegeng gehalten: „Diese vermeintlichen Unklarheiten werden nicht dadurch aus der Welt geschafft, daß man es, wie Kirchhoff tut, überhaupt ver-

meidet, sich über diese Sätze auszusprechen. Sie scheinen mir aber dadurch beseitigt, daß man z. B. Trägheitssatz und Satz vom Parallelogramm der Kräfte einzureihen sucht unter Newton's *Definitiones*, *Axiomata* und *Regulae*, wobei man findet, daß der Trägheitssatz eine Verbindung von Definition und Postulat ist, der insofern die Grenzen der Erfahrung übersteigt, als sich der Trägheitssatz, wie jedes Postulat in seinen letzten und feinsten Konsequenzen einer Messung oder Prüfung durch die Erfahrung entzieht — der insofern aber wieder der Erfahrung angehört, als es die Erfahrung ist, welche in größeren Erscheinungen zur Formulierung des Satzes anregt. Ebenso stellt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte eine Verbindung von Definition, Postulat und Regel dar, wobei das Prinzip der Superposition die allgemeine *Regula* bildet, nach welcher der Begriff der Kraft von vornherein angemessen zu wählen ist.“

„Diese strittigen Sätze sind eben keine einfachen erkenntnistheoretischen Elemente, sondern tragen bereits einen zusammengesetzten Charakter, der zu analysieren sein wird, und der erklärt, daß man diese Sätze auffassen konnte und auch teilweise auffassen durfte als Resultate der Erfahrung einerseits, als Postulate (Axiome) andererseits, gebildet nach allgemeinen Regeln, über welche sich jede grundlegende Disziplin klar zu werden die Pflicht hat.“

Was den Satz der virtuellen Geschwindigkeiten betrifft, so dürfte die von Lagrange herrührende Demonstration des Satzes mit Hilfe der als bekannt vorausgesetzten Theorie des Flaschenzuges, an welche Hertz in seinen Ausführungen zu denken scheint, doch auch weniger als ein Beweis im Sinne der Mathematik anzusehen sein, denn als ein Weg, auf welchem man durch Betrachtung eines mehr oder weniger speziellen Falles zur Formulierung eines mechanischen Prinzips kommt, welches seine demonstrative Erläuterung immer nur an speziellen Fällen finden kann, welches aber schließlich doch unabhängig davon als allgemeines mechanisches



Prinzip postuliert werden muß — auf der einen Seite also wieder als erfahrungsgemäß begründet, auf der anderen aber doch unter Bezugnahme auf künftige Erfahrungen über die gegenwärtige Erfahrung hinausgehend.

Aber auch abgesehen von diesen Erörterungen, sofern „Meinungsverschiedenheiten“ im Sinne von Hertz (Seite 8) wirklich vorliegen, dürften diese im wesentlichen verschiedenen Epochen der geschichtlichen, zufälligen Entwicklung der Mechanik entsprechen, welche bald diese, bald jene Gesichtspunkte hervortreten ließ, und nicht einer konsequent im Sinne Newton's entwickelten Mechanik. In einer Wissenschaft, die nicht ausschließlich nach deduktiven Gesichtspunkten zu verfahren hat, sondern die auch induktive Gesichtspunkte zu berücksichtigen hat, können Sätze und Beweise im Laufe der Entwicklung der Disziplin eine sehr verschiedene Rolle spielen. Wenn es sich in einem bestimmten Entwicklungsstadium der Disziplin darum handelt, die Grundlagen zu untersuchen und auseinanderzusetzen, so kann es um so angemessener erscheinen, für die Form der Beweisführung Definitionen, Voraussetzungen, Bedingungen und Behauptungen in ihren Rollen und logischen Stellungen zu vertauschen, als erst auf dem Boden solcher Untersuchungen sich die Wahl der einen oder anderen Grundlage als zweckmäßig erweisen wird.

Über die an dritter Stelle von Hertz aufgeführten „über Gebühr oft gehörten Behauptungen: das Wesen der Kraft sei noch rätselhaft, es sei eine Hauptaufgabe der Physik, das Wesen der Kraft zu erforschen, und ähnliche Aussagen mehr“ (Seite 8 unten) können wir uns kurz fassen. Diese Behauptungen sind mehr Äußerungen aus Laienkreisen entnommen, als den Schriften wissenschaftlich geschulter Physiker. Am wenigsten möchte ich für sie die Mechanik Newton's im Sinne ihrer konsequenten Entwicklung verantwortlich machen. Die Äußerungen von Hertz über das

Wesen der Kraft sind gewiß ebenso richtig, wie die „über das Wesen der Elektrizität“ und „über das Wesen des Goldes“ ~~— aber sie sind auch~~ im Sinne der Prinzipien von Newton geschrieben.

6.

*Allgemeine Forderung: die Einfachheit der Darstellung nicht nach Auswahl besonderer Beispiele, sondern nach der Geschlossenheit des Systems in seiner Gesamtheit zu beurteilen.* — Der erste Abschnitt von Hertz (Seite 9—13) entspricht durchaus den modernen erkenntnistheoretischen Forderungen und kann zum großen Teil unbeanstandet bleiben. Die „wachsende Sorgfalt, welche in den neueren Lehrbüchern der Mechanik der logischen Zergliederung der Elemente gewidmet wird“, hat bereits einen guten Teil der bisher behandelten Bemängelungen der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik durch Hertz gegenstandslos gemacht.

Ich selbst glaube durch Aufsätze und Schriften in eben diesem Sinne gewirkt zu haben. Dabei ergab sich mir, daß die gewöhnliche Darstellung der Mechanik in mancher Hinsicht am besten fährt, wenn sie in der Grundlegung auf Newton zurückgeht, und wenn sie die späteren Fortschritte eines Lagrange und d'Alembert an die Newton'sche Grundlage anzuknüpfen sucht, ohne sich die von Hertz mit Recht bemängelte Darstellung der Grundelemente der Mechanik bei den Nachfolgern Newton's zu eigen zu machen.

Es handelt sich in vielen Fällen weniger darum, was „wir selbst nach Willkür dem von der Natur gegebenen wesentlichen Inhalt hinzugedichtet haben“ (Seite 10), als um das, was im Laufe der Zeit willkürlich und unnötig der von Newton gegebenen Darstellung hinzugedichtet worden ist. Die Darstellung des ersten Bildes in der Bezeichnung von Hertz hat in vieler Beziehung wirklich bisher in Newton noch immer die relativ vollendetste Form gefunden.

Zu einer ausführlicheren Besprechung laden nun wieder die Bemerkungen ein, welche Hertz (Seite 13 unten und 14 oben) an die Frage der Einfachheit der Darstellung beziehungsweise des Bildes der Darstellung knüpft. Er sagt: „Es kann nicht geleugnet werden, daß in sehr vielen Fällen die Kräfte, welche unsere Mechanik zur Behandlung physikalischer Fragen einführt, nur als leergehende Nebenräder mitlaufen, um überall da außer Wirksamkeit zu treten, wo es gilt, wirkliche Tatsachen darzustellen. In den einfachen Verhältnissen, an welche die Mechanik ursprünglich anknüpfte, ist das freilich nicht der Fall. Die Schwere eines Steines, die Kraft des Armes scheinen ebenso wirklich, ebenso der unmittelbaren Wahrnehmung zugänglich, wie die durch sie erzeugten Bewegungen. Aber wir brauchen nur etwa zur Bewegung der Gestirne überzugehen, um schon andere Verhältnisse zu haben. Hier sind die Kräfte niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne. Wir erwarten auch in Zukunft nicht die Kräfte wahrzunehmen, sondern die zukünftigen Erfahrungen, welche wir erwarten, betreffen wiederum nur die Lage der leuchtenden Punkte am Himmel, als welche uns die Gestirne erscheinen. Nur bei der Ableitung der zukünftigen Erfahrungen aus den vergangenen treten als Hilfsgrößen vorübergehend die Gravitationskräfte ein, um wieder aus der Überlegung zu verschwinden.“

Nach diesen Auseinandersetzungen sieht es so aus, als schein Hertz nur das wirklich, was der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung zugänglich ist: „die Schwere des Steines, die Kraft des Armes.“ Hertz scheint in diesem Punkte der Phänomenologie zu huldigen, während er an anderer Stelle, wo er die verborgene Bewegung einführt, der Phänomenologie abhold ist.

Der unmittelbaren Erfahrung und Wahrnehmung zugänglich können natürlich nur sinnliche Objekte sein — Objekte,

die sich in Beziehung zur Natur unserer Sinne setzen lassen; wir werden aber im Auge behalten müssen, daß unsere Sinne in sehr subjektiver Weise eine Auslese in der Welt der wirklich vorhandenen Realien halten, daß unsere Sinne überhaupt keinen Maßstab für den Wert der wirklich vorhandenen Realien geben können.

Mit demselben Recht, mit dem Hertz von der Bewegung der Gestirne sagt: „Hier sind die Kräfte niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne“, hätte er auch sagen können: „Hier sind die Massen niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne.“

In der Tat kommt die praktische Astronomie auch ohne den Massenbegriff aus.<sup>1)</sup> Der Begriff der Sonnenmasse ist für sie nur eine durch das dritte Kepler'sche Gesetz gegebene, abkürzende Rechnungsgröße, und doch werden wir — überzeugt von der Geschlossenheit unseres physikalischen Systems — die Massen der Sonne und der Planeten als reale Größen und nicht bloß als Gebilde unserer Einbildungskraft aufzufassen geneigt sein.

Die gewiß berechtigte Forderung nach der Einfachheit des Bildes muß nach der Gesamtheit des ganzen Systems der Mechanik beziehungsweise der Physik hingestellt werden, nicht nach der Auswahl spezieller Beispiele, wie solches die Gravitation ist. Ich kann hier nur den Äußerungen von Hertz aus der Einleitung zu seiner Abhandlung „Über die

---

1) Ich stelle hier die praktische d. h. die beobachtende Astronomie in Gegensatz zur theoretischen Astronomie oder zur Astronomie überhaupt. Die Astronomie als solche hat natürlich ganz erhebliche Vorteile durch Einführung und Verwertung des für sie theoretischen Massenbegriffs, aber die astronomischen Instrumente — das ist hier das Entscheidende — geben nur Winkel-, Zeit- und allenfalls noch Längen-Größen.

Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper“ beipflichten, welche in einem gewissen Widerspruch zu den erwähnten Äußerungen seiner Prinzipien der Mechanik stehen: „In dem ersten Teile A gebe ich die Grundbegriffe und die sie verknüpfenden Formeln. Es werden den Formeln Erläuterungen hinzugefügt werden, aber diese Erläuterungen sollen nicht Beweise der Formeln sein. Die Aussagen werden vielmehr als Erfahrungstatsachen gegeben, und die Erfahrung soll als ihr Beweis gelten. Allerdings läßt sich einstweilen nicht jede einzelne Formel besonders durch die Erfahrung prüfen, sondern nur das System als Ganzes. Mit dem Gleichungssystem der gewöhnlichen Mechanik liegt ja die Sache kaum anders.“

## 7.

*Besondere Forderung: Freie und bedingte mechanische Systeme auseinanderzuhalten. Gegensatz der Sparsamkeit der Mittel der Logik und des Reichtums der Mittel der Wirklichkeit.* — Der Gegensatz, der sich Hertz in der Stellung des Kraftbegriffes ergibt, wie er ihn der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik und seiner eigenen Behandlung anweist oder anweisen will (Seite 33), findet vielleicht eine Klärung, wenn wir auf das nach mancher Richtung verschiedene Erscheinungsgebiet der Kraftäußerungen für freie und für bedingte Systeme hinweisen. Wir können uns dann für unsere Zwecke vielleicht so formulieren:

Für bedingte Systeme läßt sich die Existenz von Kräften in vielen Fällen als reale Macht sinnlich wirklich nachweisen; wir brauchen nur in die Beobachtung der elastischen Erscheinungen hinabzusteigen, um in vielen Fällen die Kräfte nicht als leergehende Nebenräder, sondern als der sinnlichen Wahrnehmung zugängliche Realitäten zu erkennen.

Für freie Systeme ist im Sinne der Newton'schen Physik die Existenz von Kräften als reale Macht begrifflich

zu postulieren. Diese Postulierung kann ihre Rechtfertigung rückwirkend nur in der Geschlossenheit des ganzen Systems finden. Die Notwendigkeit der Postulierung — und die drei Newton'schen Bewegungsgesetze sind Postulate — weist von vornherein auf die Schranken unserer Sinnenwelt hin und erkennt über die Sinnenwelt hinaus Realitäten an.

Die Ruhe, das Gleichgewicht ist im Sinne der Newton'schen Mechanik ein spezieller Fall der Bewegung. Ein Körper, der unter Einwirkung von Kräften ruht, befindet sich im Gleichgewicht. Wir werden aber darum, weil er ruht, die Kräfte als sehr wohl vorhanden aufzufassen haben; wir können ja jeden Augenblick, in dem wir den Körper aus dem Gleichgewicht herausbringen, das Spiel der Kräfte, sichtbar in Erscheinung rufen, unter denen sich der Körper bewegt: sei es, daß der Körper wie beim stabilen Gleichgewicht, in der Nähe der Gleichgewichtslage bleibt, sei es, daß der Körper, wie beim labilen Gleichgewicht, sich davon entfernt.

Wenn es uns gefällt, „die molekularen Kräfte, die chemischen, elektrischen und magnetischen Wirkungen“ (Seite 14) in die Betrachtung aufzunehmen, so liegt die Sache genau ebenso. Die Ruhe, in der die Teile des Systems zu beharren scheinen, ist dann ein Gleichgewichtszustand, der sich als solcher einer verfeinerten Wahrnehmung und Beobachtung gegenüber sehr wohl nachweisen läßt. Es hat aber keinen Zweck, in allen Fällen auf die einer solchen verfeinerten Wahrnehmung zugrunde liegenden Tatsachen Bezug zu nehmen, im Gegenteil, es ist mit Aufgabe der theoretischen Behandlung einer Erscheinung, nachzuweisen, welche Momente der Wirklichkeit für die Erscheinung eine Rolle spielen, welche nicht. Lassen sich z. B. Erscheinungen gleich gut theoretisch behandeln, ob man auf den molekularen Bau der Materie zurückgeht oder nicht, so ist dies eben ein Zeichen, daß der molekulare Bau der Materie für die Erscheinung unwesentlich ist.

Die Sparsamkeit des Bildes an unwesentlichen Zügen, welche Hertz mit Recht fordert, hat ihren Ausdruck darin zu finden, daß eben nur gerade die Tatsachen zur theoretischen Behandlung herangezogen werden, welche sich für das Bild als wesentlich erweisen. Die Tatsachen, welche für das Bild unwesentlich sind oder vielleicht gar keine Rolle spielen, sind darum noch immer sehr wohl vorhanden und werden für die Ausarbeitung des Bildes der Wirklichkeit in anderer Richtung eine Rolle spielen. Sie sind vorhanden, auch wenn sie nur — um mich eines Ausdruckes von Hertz zu bedienen (Seite 15) — „ganz ausnahmsweise eine Wirkung haben“ — präziser und richtiger wäre es vielleicht zu sagen: „ganz ausnahmsweise eine unserer sinnlichen Wahrnehmung zugängliche Wirkung aufweisen.“

Es handelt sich bei diesen Auseinandersetzungen um die angemessene Auffassung und Verwertung des von E. Mach in die Erkenntnistheorie eingeführten *Prinzips der Ökonomie*. Das Prinzip der Ökonomie macht keine Aussagen und kann keine Aussagen darüber machen, ob die Wirklichkeit mit Kräften reich oder arm ausgestattet sei; es fordert nur dazu auf, in jedem einzelnen Falle, unter den reichen Mitteln der Wirklichkeit logisch sparsam zu wählen und zu verfahren. In meiner „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“ habe ich diese Verhältnisse mit den Worten zu charakterisieren versucht (Seite 33): „Ein so reiches, so verschwenderisches Material die Beobachtung der Wissenschaft zuzuführen hat, so knapp bemessen sollen die logischen Mittel sein, mit Hilfe derer der systematische Auf- und Ausbau der Wissenschaft zu erfolgen hat. Der Reichtum der materiellen Unterlage steht so in einem eigenen Kontrast zu der Kargheit der formellen Gestaltung.“

## 8.

*Bemerkungen zu dem energetischen Bilde der Mechanik von Hertz soweit es auf die Darstellung der Newtonschen und der*

*gewöhnlichen Mechanik zurückgreift.* — Es liegt nicht in der Absicht des vorliegenden Aufsatzes, in der bisherigen ausführlichen Weise das von Hertz an zweiter und dritter Stelle behandelte Bild der Mechanik einer Besprechung zu unterziehen. Es soll das nur insofern geschehen, als Hertz bei der Darstellung des zweiten und dritten Bildes auf das erste Bild — die Darstellung der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift. Wiederholungen werden dabei insofern unvermeidlich sein als solche bei Hertz vorkommen.

Hertz sagt (Seite 17): „Noch bis in die Mitte des Jahrhunderts erschien als letztes Ziel und als letzte anzustrebende Erklärung der Naturerscheinungen die Rückführung derselben auf unzählige Fernkräfte zwischen den Atomen der Materie. Diese Anschauungsweise entsprach vollständig dem System der mechanischen Prinzipien, welches wir als das erste bezeichnet haben; sie wurde durch jenes bedingt, wie jenes durch sie.“ Hertz spricht dann weiter von dem „überwältigenden Eindruck, welchen die Auffindung des Prinzips von der Erhaltung der Energie gemacht hat“, und von den Folgen dieses Eindruckes, und Seite 21: „Die Rückführung der Erscheinungen auf die Kraft zwingt uns, unsere Überlegung beständig an die Betrachtung der einzelnen Atome und Moleküle anzuknüpfen. Nun sind wir ja allerdings gegenwärtig überzeugt davon, daß die wägbare Materie aus Atomen besteht; auch haben wir von der Größe dieser Atome und ihren Bewegungen in gewissen Fällen einigermaßen bestimmte Vorstellungen. Aber die Gestalt der Atome, ihr Zusammenhang, ihre Bewegungen in den meisten Fällen, alles dies ist uns gänzlich verborgen; ihre Zahl ist in allen Fällen unübersehbar groß. Unsere Vorstellung von den Atomen ist daher selbst ein wichtiges und interessantes Ziel weiterer Forschung, keineswegs aber ist sie besonders geeignet, als bekannte und gesicherte Grundlage mathematischer Theorien zu dienen. Einen so streng denkenden Forscher, wie es Gustav Kirchhoff war, berührte es daher fast pein-



lich, die Atome und ihre Schwingungen ohne zwingende Notwendigkeit in den Mittelpunkt einer theoretischen Ableitung gestellt zu sehen. Die willkürlich angenommenen Eigenschaften der Atome mögen ohne Einfluß auf das Endresultat sein, das letztere mag richtig sein. Gleichwohl sind die Einzelheiten der Ableitung selbst zum großen Teil mutmaßlich falsch, die Ableitung ist ein Scheinbeweis. Die ältere Denkweise der Physik läßt hier kaum eine Wahl, einen Ausweg zu.“

Diese Äußerungen erschöpfen in keiner Weise die hier in Betracht kommenden Momente. Unter Verwertung ganz ähnlicher psychologischer Momente, wie sie Hertz gegen die — von ihm nicht namentlich so genannte — Energetik geltend macht, könnte ausgeführt werden und ist von mir ausgeführt worden, daß unter dem „überwältigenden Eindruck“, welchen die Auffindung der Gravitation und die Aufstellung der atomistischen Hypothese in der Chemie gemacht hat, die Newton'sche Mechanik in der Geschichte der Entwicklung eine Umwandlung erfahren hat, welche in der Darstellung ihrer Grundlagen und Grundelemente doch weder dem Geist und der Auffassung ihres Schöpfers — Newton — noch einer logisch konsequenten Darstellung in seinem Sinne entsprach.

Die Rückführung der Naturerscheinungen auf unzählige Fernkräfte zwischen den Atomen der Materie kann höchstens als eines der möglichen Ziele hingestellt werden, welches die Anwendung der Newton'schen Bewegungsgesetze zuläßt. Die Newton'schen Bewegungsgesetze als solche sind und wollen vollständig unabhängig von speziellen Annahmen über die Natur der Kräfte — ob Fern-, ob Druckkräfte — und über die atomistische Konstitution der Materie sein. Im Gegenteil, sie bewegen sich eher in der Vorstellungswelt der Druckwirkungen und einer stetig den Raum erfüllenden Materie und bevorzugen damit diese. Auch wenn die Materie wirklich atomistisch konstituiert ist, wird damit noch

kein Widerspruch mit der Wirklichkeit hervorgerufen; damit würde zunächst nur gesagt sein, daß die Tatsache der atomistisch konstruierten Materie für Inhalt und Tragweite der Newton'schen Bewegungsgesetze unwesentlich ist.<sup>1)</sup>

Seite 17 unten wiederholt Hertz die schon früher aufgestellte Behauptung, daß in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik der Begriff der Kraft mit Schwierigkeiten behaftet sei. Ich wiederhole entsprechend unter Bezugnahme auf das früher Gesagte, daß bei einer im Sinne Newton's konsequent entwickelten Darstellung von einer solchen Schwierigkeit nicht die Rede ist, im besonderen nicht, wenn die Bedeutung und die Rolle der Kräfte in freien und bedingten Systemen, im Zustande der Bewegung und des Gleichgewichts im Zusammenhange besprochen werden.

In den Auseinandersetzungen (Seite 20—22), von denen oben schon ein Teil zitiert ist, spricht Hertz dem Bilde der Energetik eine größere Zweckmäßigkeit als dem gewöhnlichen Bilde der Mechanik zu. Der Kernpunkt seiner Betrachtungen liegt darin, daß die Energetik nur von solchen Kräften spricht und sprechen kann, die in der Natur wirklich vorkommen, während die gewöhnliche Darstellung der Mechanik erst nachträglich einem allgemein eingeführten Typus von Kräften die Beschränkung der Erhaltung der Energie auferlegt.

Diese Bemerkungen von Hertz sind nicht unzutreffend und doch lassen sie folgende Einwendungen zu: Die Energetik liefert kein Bild und kann kein Bild der sogenannten mechanischen Vorgänge liefern, sobald man die speziellen mechanischen Vorgänge den allgemeinen physikalischen Vorgängen gegenüberstellt. Als mechanische Vorgänge pflegen auch die mit den sogenannten Reibungs- und Widerstands-

---

1) Man vergleiche meine Note: Über notwendige und nicht notwendige Verwertung der Atomistik in der Naturwissenschaft. Wied. Ann. Bd. 61 S. 196, 197.

kräften auftretenden mechanischen Erscheinungen behandelt zu werden. Diese Kräfte erfüllen vom Standpunkte der gewöhnlichen Mechanik das Prinzip der Energie bekanntlich nicht, sie werden daher als nicht konservative Kräfte bezeichnet. Vom Standpunkte der gewöhnlichen Mechanik kann daher die Zweckmäßigkeit bestritten werden, das Prinzip der Energie von vornherein der Behandlung der Mechanik zu grunde zu legen. Vom Standpunkte der gewöhnlichen Mechanik kann eine solche Zweckmäßigkeit nur dann zugegeben werden, wenn die Wärmelehre als Teil der Mechanik angesehen wird und damit die atomistische Konstitution der Materie samt der kinetischen Vorstellung von der Natur der Wärme als ein notwendiger und unveräußerlicher Bestandteil der Mechanik postuliert wird.

Von diesem Standpunkt aus komme ich gerade zu entgegengesetzten Formulierungen wie Hertz. Wenn Hertz (S. 21) nach dem „Grunde fragt, aus welchem die Physik es heutzutage liebt, ihre Betrachtungen in der Ausdrucksweise der Energetik zu halten“, und darauf antwortet; „weil sie es auf diese Weise am besten vermeidet, von Dingen zu reden, von welchen sie sehr wenig weiß, und welche auf die wesentlich beabsichtigten Aussagen auch keinen Einfluß haben“, und nun als solche überflüssige Dinge in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik die willkürlich angenommenen Eigenschaften der Atome zu erblicken glaubt, so kann ich darauf nur sagen:

Die im Sinne Newton's konsequent entwickelte Mechanik vermeidet geradezu, willkürlich angenommene Eigenschaften der Atome in die Betrachtung der Grundelemente der Mechanik aufzunehmen. Nicht die Kraft zwingt uns, unsere Überlegungen beständig an die Betrachtung der einzelnen Atome und Moleküle anzuknüpfen, im Gegenteil, die konsequent im Sinne der Energetik entwickelte Mechanik unter Rücksicht auf die Existenz der mechanisch wohlbekannten Reibungs- und Widerstandskräfte zwingt uns, solche

willkürlich angenommene Eigenschaften der Atome in die Behandlung der Mechanik aufzunehmen. Weit gefehlt also, daß der Vorwurf von Hertz die im Sinne Newton's konsequent entwickelte Mechanik trifft, muß er vielmehr mit doppelter Stärke auf das von Hertz als zweckmäßig erachtete energetische Bild der Mechanik zurückfallen.

Ich weiß sehr wohl, daß ich mich durch diese Darstellung in einen gewissen Gegensatz zu dem Hauptvertreter der Energetik W. Ostwald zu setzen scheine, aber Ostwald vertritt wohl mehr die energetische Physik überhaupt, als gerade die energetische Mechanik — und auf letztere kommt es hier in erster Linie an.

An zweiter Stelle behandelt Hertz die Frage der Richtigkeit der energetischen Mechanik und hier hat nun eine Überlegung: die Anwendung des Hamilton'schen Prinzips auf die ohne Gleitung rollende Bewegung einer Kugel auf einer festen horizontalen Ebene — einen gewissen Einfluß auf seine Spekulationen ausgeübt. Hertz glaubt auf gewisse Widersprüche mit der Erfahrung zu stoßen — Widersprüche, durch welche er sich gezwungen sieht, nun auch in das Bild der energetischen Mechanik die atomistische Konstitution der Materie mit ihren molekularen Kräften aufzunehmen, welche er noch eben vermeiden zu können glaubte.

Zu einem solchen Zwange liegt nun aber von Seiten des Hamilton'schen Prinzips weder für die Newton'sche noch für die energetische Mechanik eine Veranlassung vor, nachdem O. Hölder<sup>1)</sup> 1896 gezeigt hat, in welcher Weise in dem von Hertz proponierten Beispiel einer ohne Gleitung rollenden Kugel die virtuellen Verrückungen einzuführen

---

1) O. Hölder, Über die Prinzipien von Hamilton und Maupertuis. Nachrichten der Göttinger Gesellschaften der Wissenschaften 1896.

sind, und wie damit die Anwendung des Hamilton'schen Prinzips durchgeführt werden muß.

An dritter Stelle behandelt Hertz (Seite 25—27) die Frage der logischen Zulässigkeit der energetischen Mechanik. Wir können diese Auseinandersetzungen hier übergehen, da sie in keinem Zusammenhange mit unseren Untersuchungen der Newton'schen Mechanik und ihrer Kritik von Hertz stehen.

Ich möchte hier nur darauf hinweisen, daß ich mich in Übereinstimmung mit Hertz in der Behauptung befinde, daß die energetische Mechanik von vier von einander unabhängigen Grundbegriffen; Raum, Zeit, Masse, Energie ausgeht (Seite 18), während ich mit Hertz in der Behauptung differiere, daß die Newton'sche Mechanik nur von drei von einander unabhängigen Grundbegriffen: Raum, Zeit, Masse ausgeht.

Nach meiner Auffassung würde die energetische Mechanik dadurch, daß sie von vier Grundbegriffen ausgeht, an einer logischen Überbestimmung leiden, von der sie nur dadurch befreit werden könnte, daß der eine der beiden Grundbegriffe: Masse oder Energie als Verknüpfungsaxiom postuliert würde. Wenn ich Ostwald richtig verstanden habe, scheint er bereit zu sein, den Begriff der Energie zum Grundbegriff und den Begriff der Masse zum Ausgangspunkt eines Verknüpfungsaxioms wählen zu wollen — aber wie gesagt, es liegt außerhalb der Absicht meines Aufsatzes, darauf einzugehen.

## 9.

*Bemerkungen zu dem an dritter Stelle entwickelten Bilde der Mechanik von Hertz soweit es auf die Darstellung der Newton'schen und der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift.* — Ich behandle endlich noch die Darstellung des dritten Bildes von Hertz, soweit sie auf die Darstellung der gewöhnlichen

Mechanik zurückgreift. Auch bei dieser Behandlung werden Wiederholungen meinerseits insoweit nicht ganz ausgeschlossen sein, als sie durch Wiederholungen in der Darstellung von Hertz veranlaßt sind.

Der Begriff der Kraft ist bei Newton ebensowenig eine selbständige Grundvorstellung (Seite 29) als er bei Kirchhoff (Seite 30) eine solche ist. Kirchhoff hat in seiner Mechanik die Auswüchse der Nach-Newton'schen Mechanik überhaupt zum großen Teil — ob bewußt oder unbewußt, mag dahingestellt bleiben — beschnitten. Der Begriff der Kraft ist bei Newton ebensowenig ein heimlicher Mitspieler oder das Wesen einer eigenen und besonderen Art (Seite 30) wie bei Hertz. Ebenso wie bei Hertz (Seite 33) erweist es sich auch bei Newton als zweckmäßig den Begriff der Kraft einzuführen, ohne daß dabei die Kraft als etwas von uns Unabhängiges und uns Fremdes auftritt.

Wenn Hertz (Seite 30) von einer Lücke in seiner Darstellung spricht, die dadurch entsteht, daß er den Begriff der Kraft aus den Grundvorstellungen streicht, und von einem Ersatz in seiner Darstellung für die so in den Grundvorstellungen ausfallende Mannigfaltigkeit, so erscheint dadurch nur die Stellung der Newton'schen Bewegungsgesetze oder ihr dafür eintretender Ersatz auf gleiche Stufe gestellt und damit in das richtige Licht gerückt.

Auf den unabhängigen Grundbegriffen allein ohne Einführung von fundamentalen Beziehungen zwischen ihnen kann ein System der Mechanik nicht aufgeführt werden; die Aufführung eines solchen ermöglichen erst bei Newton: die Verknüpfungssaxiome; bei Hertz: die Verknüpfungshypothesen der verborgenen Massen und Bewegungen mit den sinnlich zugänglichen Massen und Bewegungen sowie das Grundgesetz von der geradesten Bahn.

Die Frage, die sich bei dieser Gegenüberstellung aufdrängt, ist die, ob es zweckmäßig ist, bereits in die Grundlegung der Mechanik solche hypothetische Elemente, wie

es die verborgenen Massen und Bewegungen von Hertz sind, von vornherein aufzunehmen. Hertz sagt selbst (Seite 30), daß man „ihre Benutzung nicht in die Elemente der Mechanik selbst einzuführen gewohnt ist“. Etwas anderes wäre es, die Anwendung der Mechanik und ihrer Prinzipie in einem speziellen Teile, den man ja als besonders wichtig bezeichnen könnte, auf verborgene Massen und Bewegungen vorzunehmen.

Rein erkenntnistheoretisch betrachtet mag diese Frage als Geschmackssache behandelt werden. Ich halte dafür — und ich habe das in meinen einleitenden Vorlesungen durchgeführt, daß die Mechanik als grundlegende physikalische Disziplin sich solange als möglich hypothetischer Elemente, welche unserer sinnlichen Wahrnehmung verborgen sind, zu enthalten hat, daß in dieser Enthaltbarkeit mit der Reiz und der Wert der Mechanik besteht, daß erst beim Übergang und bei den Anwendungen der Mechanik auf die physikalischen Einzeldisziplinen die hypothetischen Vorstellungen mit ihren Umdeutungen unserer sinnlichen Wahrnehmungen in ihr Recht einzutreten haben.

In diesem Sinne unterscheide ich scharf zwischen dem Inhalt der Mechanik und der Physik — eine Unterscheidung, die man ja als willkürlich bezeichnen könnte, die aber uns durch unsere Natur und unsere Sinne nahegelegt ist. Ich sage vollständig übereinstimmend mit Hertz (Seite 30): „Wir werden bald gewahr, daß die Gesamtheit dessen, was wir sehen und greifen können, noch keine gesetzmäßige Welt bildet, in welcher gleiche Zustände stets gleiche Folgen haben. Wir überzeugen uns, daß die Mannigfaltigkeit der wirklichen Welt größer sein muß, als die Mannigfaltigkeit der Welt, welche sich unseren Sinnen unmittelbar offenbart. Wollen wir ein abgerundetes, in sich geschlossenes, gesetzmäßiges Weltbild erhalten, so müssen wir hinter den Dingen, welche wir sehen, noch andere, unsichtbare Dinge

vermuten, hinter den Schranken unserer Sinne noch heimliche Mitspieler suchen“ — und ich kann doch leugnen, daß gerade die Mechanik die Aufgabe hat, die Lücken auszufüllen, welche die sinnliche Wahrnehmung allein hindert, das wissenschaftliche System zu schließen, dessen Darstellung eben Aufgabe der Physik ist.

Auch Hertz scheint einer solchen Unterscheidung eine Berechtigung nicht zu versagen, wenn er (Seite 32) ausführt: „Die Zusammenhänge bestimmter materieller Systeme im Einzelnen zu erforschen ist nicht Sache der Mechanik, sondern der experimentellen Physik“. Wenn diese Zusammenhänge erst durch die Hypothese der verborgenen Massen und Bewegungen erschlossen werden, dann scheidet eben ihre theoretische Behandlung damit aus der Mechanik aus.

Nach Hertz besteht (Seite 34 u. folg.) „das wesentliche Merkmal seiner benutzten Terminologie darin, daß sie gleich von vornherein ganze Systeme von Punkten vorstellt und in Betracht zieht, nicht aber jedesmal von den einzelnen Punkten ausgeht“. Seite 36 unten betrachtet er es als einen Vorzug seiner Darstellung, daß „die Mechanik des materiellen Systems nicht mehr als eine Erweiterung und Verwicklung der Mechanik des einzelnen Punktes erscheint, daß die letztere als selbständige Untersuchung fortfällt oder doch nur gelegentlich als Vereinfachung und besonderer Fall der ersteren auftritt“.

Diese und die daran anknüpfenden Auseinandersetzungen bei Hertz (Seite 37) müssen notwendig die Vorstellung erregen, als bestehe darüber kein Zweifel, daß den Ausgangspunkt, also doch wohl die *Axiomata sive Leges motus* bei Newton die Betrachtung des einzelnen Punktes bildet. Dies ist aber nicht der Fall. Die Ausführungen von Hertz, die seine Betrachtungsweise rechtfertigen sollen: „es gebe gar keine andere Methode, einfache Beziehungen zu schaffen,



als die künstliche und wohlerrwogene Anpassung unserer Begriffe an die darzustellenden Verhältnisse“ — „daß man vielleicht mit mehr Recht die Betrachtung ganzer Systeme für das Natürliche und Nabeliegende halten könne, als die Betrachtung einzelner Punkte. Denn in Wahrheit ist uns das materielle System unmittelbar gegeben, der einzelne Massenpunkt eine Abstraktion; alle wirkliche Erfahrung wird unmittelbar nur an Systemen gewonnen und die an einfachen Punkten möglichen Erfahrungen sind daraus durch Verstandesschlüsse abgezogen“, — ich sage, diese Ausführungen befinden sich in vollem Einklang mit dem Sinn und dem Geist, in dem die *Axiomata sive Leges motus* sich bei Newton abgefaßt finden.

Schon die Newton'sche Mechanik, vollends die im Sinne Newton's konsequent entwickelte Mechanik unterscheidet zwischen Summen- (Integral-) und Elementarprinzipien. Man kann diese Unterscheidung noch weiter treiben hinsichtlich der Form und hinsichtlich des Inhalts:

Die drei Newton'schen Bewegungsgesetze: das Trägheitsprinzip, das Aktionsprinzip und das Reaktionsprinzip bewegen sich formell in der Ausdrucksweise von Integralgesetzen. Es soll offenbar damit ihre empirische Herkunft angedeutet werden, insofern eben materielle Systeme und nicht materielle Punkte es sind, an welchen die unmittelbare Erfahrung gewonnen wird. In ihrer Anwendung, also dem Inhalt nach, werden sie teilweise als Elementargesetze, teilweise als Integralgesetze verwertet. Seinem innersten Wesen nach ist wohl das Aktionsprinzip als Elementargesetz, das Reaktionsprinzip als Integralgesetz zu denken, während das Trägheitsprinzip sowohl als Elementarprinzip wie als Integralprinzip gedacht werden kann.

Das Aktionsprinzip ist bei Newton in dieser Auffassung genau in dem Sinne von Hertz (Seite 33) ein Elementarprinzip: „Übrigens erweist es sich auch hier bald als zweckmäßig, den Begriff der Kraft einzuführen. Aber die Kraft

tritt nun nicht auf als etwas von uns Unabhängiges und uns Fremdes, sondern als eine mathematische Hilfskonstruktion, deren Eigenschaften wir völlig in unserer Gewalt haben, und welche auch für uns nichts Rätselhaftes an sich haben kann.“

Das Reaktionsprinzip ist bei Newton ein Integralprinzip in erheblich allgemeinerem Sinne wie als Hertz (Seite 33, 34), der dasselbe nur auf die Anwendung zweier Körper beschränkt glaubt.

Das Trägheitsprinzip ist ein Elementarprinzip in dem Sinne, in dem jede Abweichung eines Massenpunktes davon auf das Aktionsprinzip führt — ein Integralprinzip in dem Sinne, als das Reaktionsprinzip mit als eine Folge des auf ein System erweiterten angewandten Trägheitssatzes erscheint. In diesem Sinne werden häufig die sogenannten Schwerpunktsätze als ein Ausdruck, eine Präzision des Reaktionsprinzips hingestellt, in diesem Sinne können — wie an anderer Stelle ausgeführt — die sogenannten Flächensätze eine im Sinne des Reaktionsprinzips passende Erweiterung finden.

An diese drei Newton'schen Prinzipie gliedert sich das Nach-Newton'sche Energieprinzip nach Form und Inhalt durchaus als ein Integralprinzip an. Es muß aber hier wiederholt werden: Soll das Energieprinzip als allgemeines, mechanisches Prinzip eingeführt werden, dann wird es geradezu notwendig sein, die verborgene Molekularwelt als Teil der Mechanik in die Betrachtung aufzunehmen, um die Reibungs- und Widerstandskräfte nur als scheinbar nicht konservative daraus ableiten zu können.

10.

*Schwächen und Vorzüge, objektive und subjektive Momente der Darstellung bei Hertz.* — Wir haben in den nun hinter uns liegenden Ausführungen die Darstellung von Hertz so häufig zum Gegenstande von Angriffen und Ausstellungen gemacht, daß es scheinen könnte, wir lehnen die Darstellung von Hertz

überhaupt ab. Ich kann hier in bezug auf Hertz mich derselben Ausdrucksweise bedienen, wie sich einer solchen Hertz (Seite 9) in bezug auf Newton bedient: „So weit geht unsere Absicht und unsere Überzeugung nicht.“

Die Hertz'sche Darstellung ist überaus reich an treffenden und originellen Ausführungen, soweit solche die Behandlung ohne Rücksicht auf die geschichtliche Entwicklung der Mechanik betreffen, ihre Schwäche und ihr Mangel ist im wesentlichen das unrichtige historische Bild, ja, ich möchte sagen: das Zerrbild der Newton'schen Mechanik.

Die heutige Ausbildung der Physiker ist so wenig historischen Studien der Klassiker zugewandt, daß die in der Forschung wohlbewährte Autorität von Hertz die jüngere Generation verleiten möchte, von der Newton'schen Mechanik als von einem überwundenen Standpunkte zu sprechen, der bereits für die Einführung in das Studium der theoretischen Physik und für den Unterricht baldmöglichst durch eine andere Darstellung zu ersetzen wäre — man ist allerdings in einiger Verlegenheit, wenn es sich darum handelt, zu sagen, durch welche.

Die Darstellung von Hertz, welche bei allen „Verdächtigungen“ die Vorzüge der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik für den Unterricht anerkennen will, dürfte kaum geeignet sein, die jüngere Generation davon abzuhalten, das Kind mit dem Bade auszuschütten — finden wir doch schon englische Autoren<sup>1)</sup>, die vollkommen überzeugt, den Standpunkt von Newton überwunden zu haben, es für angemessener halten, ohne allzu gründliches Studium des Originals Newton am Zeuge zu flicken, als den Versuch zu machen, Newton in sich zu interpretieren und eine Übereinstimmung moderner Anschauungen mit denen Newton's aufzusuchen oder herzustellen.

---

1) K. Pearson, *The Grammar of Science* 1892. Man vergleiche meinen vorstehenden Aufsatz über Newton 1898, S. 357, 368.

Eine ganze Reihe von Ausführungen, die uns durchaus ansprechen, kehren bei Hertz mit Unrecht ihre Spitze gegen Newton: sie entsprechen durchaus dem Geiste der Newton'schen Darstellung oder lassen mindestens eine solche Deutung im Geiste einer konsequent entwickelten Darstellung zu. In seiner Polemik gegen die Newton'sche Mechanik ist Hertz dem Fehler unterlegen, in den so häufig Kritiker verfallen: Es wird eine Stroh puppe künstlich konstruiert, die Anschauungen der Zeitgenossen geben dazu willig das Material her, diese Puppe wird als der tatsächlich vorhandene Gegner markiert und angegriffen. Nach meiner Überzeugung ist aus diesem oder einem ähnlichen Grunde die Hertz'sche Darstellung als Kritik der gewöhnlichen Mechanik nur mit äußerster Vorsicht zu benutzen, so anregendes Material sie erkenntnistheoretischen Betrachtungen zuführt.

Ich halte es für meine Pflicht, dies einmal auszusprechen, so undankbar es ist einer anerkannten Autorität gegenüber, wie es Hertz unzweifelhaft ist — den wirklichen Verdiensten von Hertz, auch hinsichtlich seiner „Darstellung der Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange“ soll damit nicht der geringste Abbruch geschehen. Ich halte es um so mehr für meine Pflicht, als die einleitenden Betrachtungen von Hertz über die drei Bilder der Mechanik von Philosophen und Physikern mit gleichem Eifer gelesen — und je weniger Newton bekannt ist, um so mehr als eine Art neues Evangelium betrachtet werden.

Nicht der geringste Reiz der Hertz'schen Darstellung liegt in der Hervorkehrung seiner persönlichen, subjektiven Anschauungen — ich kann sagen Glaubensanschauungen im besten Sinne des Wortes. Hierher gehört besonders die Stelle (Seite 27, 28), an der er sich gegen die Auffassung wendet, daß „die Physik darauf verzichtet habe und es nicht mehr als Pflicht anerkenne, den Ansprüchen der Metaphysik gerecht zu werden. Sie lege kein Gewicht mehr auf die

Gründe, welche von metaphysischer Seite einst zugunsten der Prinzipien vorgebracht seien, welche einen Zweck in der Natur andeuten; ebensowenig aber könne sie jetzt Einwänden metaphysischen Charakters gegen ebendieselben Prinzipien ihr Ohr leihen. Wenn wir bei solchem Rechten zu entscheiden hätten, so würden wir nicht unbillig denken, wenn wir uns mehr auf Seiten des Angreifers als des Verteidigers stellten. Kein Bedenken, welches überhaupt Eindruck auf unseren Geist macht, kann dadurch erledigt werden, daß es als metaphysisch bezeichnet wird; jeder denkende Geist hat als solcher Bedürfnisse, welche der Naturforscher als metaphysische zu bezeichnen gewöhnt ist.“

Dieses subjektive Moment der Hertz'schen Forschung steht in einem eigenen Kontrast zu der Objektivierungstendenz von Hertz, mit der er (Seite 47) von einer „Zweckmäßigkeit redet in einem besonderen Sinne, nämlich im Sinne eines Geistes, welcher ohne Rücksicht auf die zufällige Stellung des Menschen in der Natur das Ganze unserer physikalischen Erkenntnis objektiv zu umfassen und in einfacher Weise darzustellen sucht.“

Diesem Doppelgesicht der Hertz'schen Darstellung gegenüber könnte man vielleicht geneigt sein für die eine oder die andere Seite des Gesichts Partei zu ergreifen. Man könnte z. B. sagen: Die Hertz'sche Zweckmäßigkeit im Sinne eines hypothetischen Geistes, der nicht existiert, erscheint unzweckmäßig, ist vielleicht ein Widerspruch in sich. Man könnte sagen: natürlich handelt es sich hier nicht um „eine Zweckmäßigkeit im Sinne der praktischen Anwendungen und der Bedürfnisse der Menschen“ (Seite 47) — aber um eine Zweckmäßigkeit im Sinne der menschlichen Natur und ihrer Organe.

Dem weniger tief blickenden Auge scheinen sich vielleicht aus diesen Gegenüberstellungen Angriffswaffen gegen Hertz schmieden zu lassen. Wer aber die erkenntnistheoretische Vertiefung naturwissenschaftlicher Provenienz in den letzten

Jahrzehnten verfolgt hat, wird sich solcher Äußerungen freuen, welche die Tendenz aufweisen, der naturwissenschaftlichen Erkenntnis reicheres Material und reichere Anregung von allen Seiten zufließen zu lassen. Die scheinbaren Widersprüche, die entgegengesetzt geltend gemachten Momente der Betrachtungsweise, welche bei Hertz vielleicht nicht immer ganz bewußt sich geltend machen, deuten auf eine Art „Sturm- und Drangperiode“, welche alle Keime einer kommenden Reife in sich schließt.

Die Forschung der Natur hat nun einmal ein Doppelseitigkeit mit ihrer objektiven und subjektiven Seite, sie kann von der Natur des forschenden Subjekts nicht losgelöst werden — gerade bei einer Darstellung, welche die objektiven und subjektiven Momente der Forschung beständig berücksichtigt, kann viel leichter auch den Schranken des forschenden Subjekts Rechnung getragen und ein Fortschreiten zu metaphysischen, das heißt übersinnlichen Vorstellungen versucht werden.

---

## CHRONOLOGISCHE ÜBERSICHT

über die bisher von dem Autor verfaßten erkenntnistheoretischen Aufsätze und Schriften mit eventueller Angabe der Teile der vorliegenden Grundzüge, in denen jene Berücksichtigung und Aufnahme gefunden haben.

1892.

Über Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik in formaler Hinsicht. *Himmel und Erde* IV S. 441—461. Aufgenommen in die Sammlung populärer Schriften, hrg. von der Gesellschaft Urania Nr. 14.

1893.

Maß und Messen. Eine historische Studie. *Himmel und Erde* V S. 349—364 (teilweise verwendet für den neunten Vortrag: Einführung des Begriffes der Größenordnung S. 177—195).

Über die mechanische Naturanschauung. Eine erkenntnistheoretische Studie. *Himmel und Erde* VI S. 57—77 (teilweise verwendet für den vierten und fünften Vortrag: Induktion und Deduktion S. 49—108).

1894.

Über die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen. Ein Beispiel wissenschaftlicher Methodik. *Himmel und Erde* VI S. 297—317. Aufgenommen in die Sammlung populärer Schriften, hrg. von der Gesellschaft Urania Nr. 26 (verwertet für den siebenten und achten Vortrag: Isolation und Superposition S. 150—176, sowie für den neunten Vortrag: Einführung des Begriffes der Größenordnung S. 177—195).

Hat die Physik Axiome? Erkenntnistheoretische Studien über die Grundlagen der Physik. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 35. Jahrgang. Sitzungsberichte S. [13]—[22] (teilweise verwertet für den sechsten Vortrag: Newton's Axiome und Postulate und die an sie unter dem Gesichtspunkte der Induktion und Deduktion zu knüpfenden Erörterungen S. 109—149, sowie für den im Anhang wieder abgedruckten Aufsatz über Newton aus dem Jahre 1898).

Hermann v. Helmholtz. Reden, gehalten bei der von der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. veranstalteten Gedächtnisfeier am 7. Dezember 1894 von L. Hermann und P. Volkmann. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 35. Jahrgang. Abhandlungen S. 63—84.

1896.

Kausalität und Naturwissenschaft. Eine erkenntnistheoretische Studie. Himmel und Erde VIII S. 354—364 (teilweise verwertet für den zweiten und dritten Vortrag: Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis S. 25—49).

Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart. Allgemein wissenschaftliche Vorträge. Leipzig bei B. G. Teubner, XII S. u. 181 S. (Erste Auflage des vorliegenden Werkes.)

1897.

Über die Frage nach dem Verhältnis von Denken und Sein und ihre Beantwortung durch die von der Naturwissenschaft nahegelegte Erkenntnistheorie. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Math. naturw. Klasse. Bd. 106 Abt. IIa S. 1103—1117 (teilweise verwertet für den zweiten und dritten Vortrag: Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis S. 25—48).

Über notwendige und nicht notwendige Verwertung der Atomistik in der Naturwissenschaft. Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie Bd. 61 S. 196—203 (teilweise verwertet für den neunten Vortrag: Einführung des Begriffs der Größenordnung S. 177—195, sowie für den zehnten Vortrag: Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme S. 196—217).

1898.

Über das Verhältnis von Denken und Sein in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 39. Jahrgang. Sitzungsberichte S. [3] u. [4].

Über Newton's „Philosophiae naturalis principia mathematica“ und ihre Bedeutung für die Gegenwart. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 39. Jahrgang. Abhandlungen S. 1—17. (Vollständig abgedruckt in dem Anhang dieser Auflage des vorliegenden Werkes.)

Über das Prinzip von der Gleichheit der Actio und Reactio bei Newton. Wiedemann's Annalen der Physik Bd. 66 S. 781—784 (teilweise verwertet für den sechsten Vortrag: Newton's Axiome und Postulate usw. S. 109—149).



1900.

Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik, mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Vorlesungen. Leipzig bei B. G. Teubner XVI S. u. 370 S. (verwertet für alle Vorträge).

Zur Theorie der physikalischen Maßsysteme und Dimensionen. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. 13. Jahrgang S. 146—152 (teilweise verwertet für den sechsten Vortrag: Newton's Axiome und Postulate usw. S. 109—149).

1901.

Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre Kritik durch Hertz. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. 14. Jahrgang S. 266—282 (vollständig abgedruckt in dem Anhang dieser Auflage des vorliegenden Werkes).

1902.

Über die Fragen der Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme und ihre mannigfaltige Bedeutung und Rolle für naturwissenschaftliche Auffassung und Erkenntnis. Ostwald's Annalen der Naturphilosophie Bd. 1 S. 105—132 (zum größten Teil übergegangen in den zehnten Vortrag: Existenz, Eindeutigkeit und Vieldeutigkeit der Probleme S. 196—217).

1908.

Die Subjektivität der physikalischen Erkenntnis und die psychologische Berechtigung ihrer Darstellung. Rede bei Übergabe des Rektorates der Königl. Albertus-Universität in Königsberg i. Pr. am 12. April 1908. Leipzig bei Veit u. Co. 20 S. — auch Ostwald's Annalen der Naturphilosophie Bd. 7 S. 104—121 (teilweise verwertet für den zweiten und dritten Vortrag: Subjektivität und Objektivität der Erkenntnis S. 25—48).

1909.

Die materialistische Epoche des neunzehnten Jahrhunderts und die phänomenologisch-monistische Bewegung der Gegenwart. Rede, am Krönungstage, 18. Januar 1909, in der Aula der Königl. Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr. gehalten. Leipzig und Berlin bei B. G. Teubner. 30 S.

Fähigkeiten der Naturwissenschaften und Monismus der Gegenwart. Vortrag, am 19. April 1909 im wissenschaftlichen Predigerverein zu Königsberg i. Pr. gehalten und mit einem Nachwort versehen. Leipzig und Berlin bei B. G. Teubner. 38 S. (Beide Broschüren: Rede und Vortrag teilweise verwertet für den elften Vortrag: Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart, insbesondere zu Philosophie, Weltanschauung usw. S. 218—266.)

www.lib **Namenregister.**

Die im Text vorkommenden Namen sind durchweg gesperrt gedruckt. Die in diesem Register *kursiv* gesetzten Namen sollen die Anregung geben, zunächst in den Überschriften der einzelnen Abschnitte und Seiten, die abgesehen von den Gesamtüberschriften im Text entsprechend *kursiv* gesetzt sind, Umschau zu halten, insofern hier in der Regel ausführlichere Erörterungen zu finden sein werden; auf solche Stellen des Textes beziehen sich dann bei den kursiv gesetzten Namen des Registers die ersten Seitensiffern vor dem Semikolon. Die Seitenzahlen für die nicht kursiv gesetzten Namen und die Seitenzahlen nach dem Semikolon für die kursiv gesetzten Namen beziehen sich auf ein mehr vorübergehendes, vereinzeltes Vorkommen.

- Adams 364.  
Adler 95. 114.  
Agrippa 264.  
d'Alembert 347. 398. 407.  
Ampère 10. 18. 101. 102. 216. 255.  
Archimedes 230. 393. 394.  
Aristoteles 52. 275. 286. 292. 305.  
Augustus 307.
- Baco 98. 99. 100.  
Bauch 219. 222. 223.  
Baumgart 310.  
v. Below 278.  
Biot 10.  
v. Bismarck 266.  
Blackburn 383.  
du Bois Reymond 220. 224.  
Boltzmann 28. 39. 90. 95. 210.  
275. 342—345. 372—380. 387.  
IX.
- Bonola 68.  
v. Borries 321.  
de Brahe 57. 152.  
*Brandl* 332—334.  
*Buckle* 258—263; 257.  
Burckhardt, R. 274. 275. 290.  
Busch 324.
- Carus, P. 221.  
Cauchy 9. 102.  
*Cavendish* 7.  
Chwolson 234.  
Cicero 309. 316.  
Clausius 10. 143.
- Coulomb* 7; 88.  
Cuvier 290.
- Dalton* 7. 8.  
Darwin 34. 40. 97. 236. 252.  
275. 278.  
Davy 17.  
Delaunay 364.  
Descartes 53. 98. 116. 118.  
Diels 292. 294.  
Dilthey 281. 282.  
Dionysios Thrax 317.  
Diophantos 306.  
Dirichlet 198.  
*Drews* 250—256.  
Droysen 260.  
Duhem 95. 97. 102. 107. 114.  
Dühring 360.
- Ebert 95.  
Eckermann 310  
*Einstein* 144—146; 148.  
Eucken 252.  
Euklid 116. 118. 125. 317. 325.  
348.  
Euler 357.
- Faraday* 17. 19; 10. 89. 100. 103.  
105. 283. 373. IX.  
Fichte, J. H. 248.  
Foucault 206. 207.  
Fourier 102.  
Fresnel 206. 216. 217.

- Galilei* 130—132; 45. 46. 59. 61. 87. 119. 127. 152—155. 171. 219. 393. 394.  
*Galle* 60. [libtool.com.cn](http://libtool.com.cn)  
*Gauss* 11. 12; 9. 99. 102. 105. 120. 198.  
*Giesecke* 321. 322.  
*Goethe* 235. 297. 298. 310.  
*Grassmann* 12.  
*Grillparzer* 245.  
  
*Haeckel* 234—236; 87. 226. 230. 241. 255.  
*Hamilton* 345. 347. 417. 418.  
*Hann* 72.  
*Harnack, Ad.* 332—334.  
*v. Hartmann* 21. 252—255.  
*Heaviside* 18.  
*Hegel* 281. 282; 15. 37. 51. 219. 220. 222.  
*v. Helmholtz* 55. 56; 12—16. 18—20. 42. 45. 46. 61. 62. 90. 91. 107. 116. 117. 241. 296. 297. 299. 400. IX.  
*Herder* 311. 313. 317.  
*Herrmann, E.* 297.  
*Hertz, H.* 241—244. 389—427; 18. 27. 28. 31. 39. 65. 72. 73. 117. 121. 124. 143. 151. 180. 207. 229. 232. 234. 236. 342—345. 351. 358. 363. 374. 375. IX.  
*Hilbert* 69. 116.  
*His* 264.  
*Hobbes* 258.  
*Hölder* 64. 417.  
*Hölderlin* 281.  
*Homer* 311.  
*Huygens* 63—65. 78. 82. 151.  
  
*Jacquier* 357.  
*Jacobi* 15. 323. 324.  
*Jolly* 14.  
*Joule* 13. 61. 92. 107.  
  
*Kaftan* 294.  
*Kant* 29. 30. 202; 35. 37. 43. 69. 70. 117. 122. 203. 219. 221. 235. 247. 255. 256. 281. 283.  
  
*Kelvin* siehe Thomson.  
*Kepler* 57—61; 4. 79. 80. 191. 192. 318. 409.  
*Kirchhoff* 106. 117. 135. 189. 210. 379. 404. 413. 419.  
*Klein, F.* 332—334; 116.  
*Kolb* 258.  
*Kopernikus* 57—61; 4. 152. 365.  
  
*Ladenburg* 236—239; 230. 234. 239. 393. 394. 397. 398. 400. 405. 407.  
*Lamarck* 236.  
*Lamprecht* 278.  
*Lange, F. A.* 223. 224. 231. 261.  
*Laplace* 8—10. 101. 102. 123. 124. 193. 350. 364.  
*Lavoisier* 237.  
*Leibniz* 4. 35. 221.  
*Lessing* 56.  
*Leverrier* 60. 192.  
*Lexis* 261—263. 313.  
*Lichtenberg* 245.  
*Liebig* 55; 14. 17. 32. 35. 54. 98. 100. 111. 258. 277. 290. 355.  
*Liebmann* 68.  
*Lindemann* 28. 73. 330. 331.  
*Lorentz, H. A.* 143—145. 148.  
*Lorenz, L.* 143.  
*Lotze* 248—250; 228. 252. 253. 255.  
  
*Mach* 30. 31; 14. 34. 38—40. 84. 86. 95. 108. 120. 121. 138. 156. 176. 222. 290. 298. 323. 325. 346. 353. 355. 361. 365. 366. 372. 375. 378. 381. 382. 384. 389. 400. 401. 412. IX.  
*Magnus* 16.  
*Maupertuis* 417.  
*Mayer, J. R.* 13—15. 45. 46. 61. 107.  
*Maxwell* 17—19; 66. 89—91. 94. 103. 104. 140. 143. 206. 208. 216. 217. 255. 373. 374. IX.  
*Mill* 257. 258; 52.  
*Minkowski* 147—149.

- Mommsen 74.  
 Moses 238.  
 Müller, J. 290.  
 Napoleon 350.  
 Natorp 219.  
 Navier 9. 15. 210.  
 Neumann, C. 12. 119.  
*Neumann, F.* 11—13; 10. 21. 89.  
 101. 102. 162. 216. 217. 284.  
*Newton* 4—6. 57—61. 66. 109  
 —149. 340—343. 344—388.  
 389—427; 7. 9. 17. 30. 45. 46.  
 63—65. 67. 77. 78. 80. 82. 88  
 90. 99. 100. 106. 107. 151.  
 153. 169. 171. 191. 192. 219.  
 235. 246. 297. 298. 318. VII.  
 Nietzsche 246. 292—294.  
 Nohl 282.  
 Oersted 10. 283.  
 Ostwald 16. 20. 87. 89. 103. 134.  
 176. 290. 321. 417. 418. IX.  
 Pappos 306.  
 Pascal 107. 108.  
 Pasteur 72.  
 Paulsen 235.  
 Pearson 357. 368. 424.  
 Pestalozzi 324.  
*Planck, M.* 146. 147; 148. 254.  
 Plato 152. 305. 318.  
 Poggendorff 14.  
 Poincaré 6. 28. 72. 73. 81. 323.  
 325.  
 Poisson 9. 15. 210. 373. 379. 380.  
 Ptolemäus 152. 365.  
 Pythagoras 318.  
 Reinke 20. 27. 74. 290.  
 Reitzenstein 316.  
 Rembrandt 291. 293.  
 Rickert 274.  
 Riehl 219. 250.  
 Riemann 10. 43. 81. 116. 143.  
 Ritschl, F. 294.  
 Rosenberger 354. 378.  
 Rühl 277.  
 Ruska 332.  
 Savart 10.  
 v. Savigny 339.  
 Schelling 219. 220.  
 Schiel 258.  
 Schlosser, F. Ch. 277.  
 Schopenhauer 235. 252.  
 Schülke 330.  
 Schwertzell 330.  
 le Seur 357.  
 v. Siemens 56. 285.  
 Skutsch 99.  
 Smith, A. 261. 262.  
 Spencer 97.  
 Stammler 256. 279.  
 Stokes 16.  
 Stumpf 31. 221. 300.  
 v. Sybel 276—278.  
 Tait 346. 364. 400.  
 Teubner, B. G. 322.  
 Thomson 16. 27. 48. 90. 95—97.  
 186. 187. 203. 269. 346. 347.  
 364. 383. 400.  
 Thukydides 275.  
 Vaihinger 294.  
 Vergil 311.  
*Verworn* 239—241; 230. 231.  
 234. 244.  
 Vogt, H. 316. 318.  
 Voigt, W. 66. 95. 96. 232.  
 Weber, E. u. H. 6. 325.  
 Weber, W. 10. 143.  
*Wendland* 300—323. 332—334;  
 274. VI.  
 Weyrauch 46.  
 Wiechert, E. 143.  
 Wiener 82. 129.  
 Wiese 330.  
 v. Wilamowitz 313.  
 Winckelmann 312.  
 Windelband 222.  
 Wolfers 357. 383. 395.  
 Wundt 303.

## Sachregister.

Die *kursiv* gesetzten Worte des Registers sollen die Anregung geben, zunächst in den Überschriften der einzelnen Abschnitte und Seiten, die abgesehen von den Generalüberschriften im Text entsprechend *kursiv* gesetzt sind, Umschau zu halten, insofern hier in der Regel ausführlichere Erörterungen zu finden sein werden; auf solche Stellen im Texte beziehen sich dann die ersten Seitenziffern vor dem Semikolon. *Kursiv aber in Klammern* sind auch die vereinzelt im Text kursiv gesetzten Fremdworte, *termini technici*, Kennworte gesetzt; sie haben im Sachregister überhaupt Aufnahme gefunden, weil häufig die Erinnerung bestimmter Stellen des Textes an solchen Kennworten haften wird. Die Seitenzahlen für die nicht kursiv gesetzten Worte und die Seitenzahlen nach dem Semikolon für die kursiv gesetzten Worte beziehen sich auf ein mehr vorübergehendes, vereinzelt Vorkommen. Die überwiegende Mehrzahl der ausgewählten und aufgenommenen Stellen bezieht sich lediglich auf erkenntnistheoretische Bedeutung oder Verwertung der Stichworte. Im Verlauf der Ausarbeitung des Sachregisters ergab es sich als zweckmäßig die Beziehungen der einzelnen Stichworte zu einander aufzunehmen. Auf der einen Seite tritt dadurch der dualistische Aufbau der Grundzüge von neuem vorteilhaft hervor, auf der anderen Seite wird dadurch die Anregung gegeben, auch unter den Hinweisen für die Stichworte Umschau zu halten, zu welchen die ursprünglichen Stichworte in Beziehung gesetzt sind.

- Abbildung d. Wirklichkeit* 27—28. 211—212. — Siehe auch Bild.  
*Abgeleiteter Begriff* 402.  
*Abhängigkeit vom Standpunkt* 403—407.  
*Ablauf* 44. 47.  
*Ablehnung d. Materialismus u. Monismus* 227—231.  
*Ablenkung d. Prinzips d. Energie v. Atomistik* 15—16.  
*Ablösung d. Theorien* 140.  
*Ab ovo* [388].  
*Absolut—relativ* 119—121. 124. 132—133; 51. 123. 136. 144. 145. 149. 177—179. 364. 365. — Siehe auch relativ.  
*Abstrakt. Abstraktion* — Anknüpfung 85, Anschauung 117. 154. 317, Erfahrung 128, Isolation 157. 268—271. 273, *konkret* 170—172; 258, *Naturgesetz* 78—81, Sinne 358, Stoff für A. 53, Unterricht (mathematischer) 323, Vorstellung 132. 292.  
*Abstumpfung durch angestrenzte Arbeit* 226.  
*Abwehr von Mißverständnissen* 31. 32.  
*Abweichung von Galilei's Trägheitssatz* 45. 59, von Kepler's Regeln 60.  
*Actio. Aktion. Aktionsprinzip* 133—137. 399—403; 77. 128. 130. 132. 138. 143. 145. 369. 370. 385. 396—399, elektrolytische 19, *in distans* [6. 142. 369.]  
*Ad absurdum* [262].  
*Ad hoc* [206].

- Aesthetik** — Musik, Malerei 296.  
298, Natur 33. 52. 58. 131.  
151. 152, Überschätzung 313.
- Aktion** siehe Actio.
- Aktualität**, aktuell 238. 300.
- Akustik** 295—300.
- A la longue* [262].
- Allerweltbildung** 304.
- Allgemeinste Voraussetzungen d. Physik* 74.
- Altertum** 130—132. 300—323;  
8. 27. 84. 150. 151. 219. 286.  
356, *Altertumswissenschaft*  
303, 319—323; 301. 314. 394.
- Anachronismus** d. Vortrags von  
Ladenburg 238.
- Analogie**, *mechanische, physikalische* 87—97; 63. 84, *Analogon* 29. 289. 299.
- Analyse**. *Analysis* — d. englischen  
u. französischen Geistes 107, er-  
kenntnistheoretische 101. 402.  
405, *mathematische* 74. 91, *physi-  
kalisches* 263, *psychische* 278,  
sinnlicher Erscheinungen 31,  
*Synthese* 155—158; 7.
- Anerkennung** d. Forschung 14. 15.  
45. 61.
- Anforderung** an wissenschaftliches  
System 110. 137. 255. 371.
- Angemessen** — unangemessen 244;  
4. 19. 28. 43. 132. 209. 215.  
219. 400. 403. 412.
- Anhaltspunkt** 18. 50. 57. 64. 67.  
112. 205. 211.
- Anknüpfung** 11. 12. 20. 68. 85.
- Anmaßung** 278.
- Anpassung** 34. 35; 24. 40. 41. 86.
- Anregung** 2. 3. 6. 7. 20. 33. 34.  
61. 85. 89. 110. 256. XII.
- Ansatz** 197. 198.
- Anschauung** — *Ausarbeitung* 211  
—212; *Entlastung* 118, *Über-  
windung* 87, *Wechsel* 110, *Ana-  
logie* 87. 98, *Anpassung* 34, *Begriff*  
77. 78. 256. 317, *Chemie*  
22. 23, *Denken* 69. 318, *Ent-  
wicklung* 85, *Erscheinung* 352,
- Geometrie** 68. 69, *Gravitation*  
6. 59. 88. 203. 365. 371—373,  
*Hypothese* 81—83; 74. 75. 84.  
350, *Licht* (Natur und Wesen)  
63, *Rechnung* 115—117; 118,  
*Unterricht* 269. 323, *naturwissen-  
schaftliche A.* — menschliches  
Leben 85, *physikalische A.* —  
*mathematische Behandlung* 203  
—204; 371. 372 — *physiologi-  
sche Behandlung* 31 — siehe  
auch: *A. d. induktiven Denkens*  
66, *innere A.* 56, *menschlich-  
gewöhnliche A.* 178, *veranschauli-  
chen*, zur *A.* bringen 32. 39.  
41. 46. 47. 49. 51. 106. 122.  
191.
- Anschauungsformen**, **Anschauungs-  
vermögen** in Raum u. Zeit 29.  
30. 117. 122. 149, *schwankende*  
*A.* jedesmaliger Zeit 3. 6—9.  
11. 13. 19. 20. 57. 59. 353. 354.
- Ansichtssache** 54.
- Ansprüche** 2. 42. 98. 139. 230.  
244. 316. 323. 342. 404.
- Anthropomorphismus**, *berech-  
tigter u. unberechtigter* 48; 26.  
27. 43.
- Antike** 305. 314—323.
- Antimetaphysik** 31.
- Anweisung** 112. 369.
- Anwendung**. *Anwendungsfähig-  
keit* 110—113. 166—169; 67.  
86. 133. 326, *der Mathematik*  
202.
- Arbeit** — *Gebiet* 237. 276, *Grenze*  
223, *Hypothese* 66. 232. 249,  
*Stoff* 261, *Teilung* 228, *wissen-  
schaftliche* 226. 229. 302, *Zweck*  
249 — siehe auch *Energie*.
- Astronomie** 191—192; 5. 6. 7.  
58. 88. 121. 123. 409, *prak-  
tische* — *theoretische* 409.
- Asymptotisch** 359.
- Atomistik** 7—11. 15—16. 192—  
195. 209—211; 4. 18. 19. 22.  
23. 27. 30. 82. 83. 86. 94. 96.  
105. 190. 204. 224. 225. 231.

- 373—379. 416, Gravitation, Fernkräfte 393. 413. 414.
- Auctores* [308].
- Aufdecken 105.
- Auffassung 3. 8. 20. 31. 32. 92. 97. 122. 209. Siehe auch Anschauung.
- Aufgabe. Stellung d. A.* 301—303. 344—348; 105. 150. 239. 255. 353, der Wissenschaft 366. 371.
- Aufrichtigkeit 102. 104.
- Aufschwung 7.
- Aufsteigende Induktion 57. 61. 62.
- Auf zur Kunst!* [292].
- Aurea mediocritas* [342].
- Ausbau der Mechanik 393.
- Ausbildung 211.
- Ausblick* 97. 98.
- Ausbreitungsgeschwindigkeit* 141—143.
- Ausdrucksweise — Mißbrauch* 192—195; 142. 145.
- Ausgiebige Ausarbeitung* 211—212.
- Auslese der Sinne 409.
- Auslösung 33. 44—47.
- Ausnahme, ausnahmslos 43. 44. 78—81.
- Ausreichend 132. 133.
- Außen. Äußerlich 6. 21. 30. 31. 34. 35. 38. 40—42. 47. 71. 101. 106. 139.
- Auswahl von Beispielen* 407.
- Axiom* 75—77. 109—149; 62. 68. 69. 74. 85. 98. 106. 356, *Axiomata sive Leges motus* 367—371; 77. 126. 130. 346—348. 357. 362. 363. 380. 395. 405. 421. 422.
- Beanstanden 392.
- Bedeutung erkenntnistheoretischer Untersuchungen* 1—3; 213. 215, bedeutungslose Vieldeutigkeit 209.
- Bedingung — Anpassung 40, Aufgabe 198, Auslösung 44, Erscheinung 193, Kultur 218, Messung 92, Station zur Beobachtung von Erdtemperaturen 183. 184, Theorie 175. 176 — bedingte Systeme 410. 411, bedingt — frei 396. 397, günstig — ungünstig 181.
- Bedürfnis — spezieller Beispiele* 233—244, des Gemüts 226—230, der Zeit 312 — Bedürfnislosigkeit 226.
- Begleiterscheinung 220.
- Begrenztheit — Beschränktheit 349. 358.
- Begriff. Begreifbarkeit* — Actio 136—137, *Anpassung* 34—35, *Axiome* 76. 77; 115—127. 148. 394. 402, B. Bildung 256. 268. 269. 273, *Entwicklung* i. Biologie 24, i. *menschlichen Leben* 269—274, *Entwicklungsgeschichte* 274—279, Faraday 17, *Gesetz* — *Hypothese* 78—81; 84. 260, *Größenordnung* 188—191, Induktion — Deduktion 50, Kausalität 42; *Kraft* 45. 46, Mechanische Analogie 90, *Natur* 35—37; 43. 44. 115. 158. 223, *Naturnotwendigkeit* 39—41, *Praktiker* 173, *Störung* i. Astronomie 191—192, *Subjektivität* 42, *Tatsache* (Liebig) 111, *Wesentlich* — *Vollständig* 188—191, *Wirklichkeit* 263.
- Beispiele* 158—166. 183—188. 191—195. 199—200. 204—211. 214—217. 233—244. 395—398. 407—410; 174. 175. 178. 202. 261. 295. 342. 385.
- Bekannt — Unbekannt 240.
- Belehrungsmaterial 51.
- Beobachtung 58. 64. 70. 86. 93. 129, Experiment 174. 184.
- Berechtigung* — *Berechtigt* 48. 286—290; 3. 5. 9. 37—42. 55. 58. 64. 66. 71. 91. 213. 261.
- Berichtigung 50. 354. 359.
- Beschleunigung 136.
- Beschränktheit. Begrenztheit 349.

- Beschreibung 38. 58. 138. 189. 190. 365, Erklärung 275—278.  
 Bestätigung 132.  
*Bestimmtheit — Unbestimmtheit* 110—113.  
*Betätigung* 98—101. 107—108. 244—248. 271—274; 220.  
*Beurteilung* 407—410;  
*Bewegungsgröße — Bewegungsvorgang* 118—119; 120—123. 126. 131—138. 144—147.  
 Beweis — Erfahrung 410, bei Liebig 54, Mathematik 68. 404—406.  
*Beunruhigt — Unbeunruhigt* 72. 73; 53. 74. 189. 230. 260. 272. 286. 397.  
 Bezeichnungweise 17. 29.  
 Beziehungen d. Naturwissenschaft (Physik) zur: Kunst 295, Philosophie 218. 219, Technik 284. 285 — auf künftige Erfahrung 403 — fremde B. 239.  
 Bezugssystem. Bezugselement 113 —118. 122. 145. 146. 245.  
*Bild* — Atomistik 8, Induktion — Deduktion 50, mathematischer Geist 353. 375, Mechanik 344. 345. 378. 408: *gewöhnliche M.* 389—412, *energetische M.* 412—418, *M. von Hertz* 418—423, menschlicher Organismus 264. 265, Naturbegriff 43, Naturwissenschaft (Physik) 84—97, Notwendigkeit 40, Wirklichkeit 27—28; 31. 32. 412, Zwangszustand (Faraday) 17 — falsches B. 395, hypothetisches B. 380. 388.  
*Bildersprache d. Materialismus u. Monismus* 231—233.  
*Bildung — Bildungsfragen — Bildungsideal* 267—339, Genauigkeit 181, *Kunst* 291—300, *Wissen* 279—281 — *Geschichte d. B.* 300—323.  
*Biologie* 23. 24; 20. 34. 74. 226. 231. 246. 275—278. 290.  
 Bodentemperaturen siehe Erdtemperaturen.  
 Brückbogen (bildlich) 113. 245.  
*Causa* [357].  
 Chemie 22—23; 7. 8. 11. 20. 80. 82. 86. 155. 195. 226. 275. 276, Verbindung 215.  
 Chimäre 114.  
 Chronologie 58.  
*Circulus vitiosus* [359].  
 Civilisation 258—261.  
*Concretum* [171].  
*Corpus — massa* [368].  
*Corpus vile* [317].  
*Corrolarium* [370].  
*Darstellung in Hinsicht auf Einfachheit* 407—410, Entwicklung: geschichtlich 1. 3. 11. 19. 57, zukünftig 77, *Psychologie der Kulturvölker* 101—106, Systematik 30. 83. 113, insbes. Newton's 110.  
 Deckung subjektiver und objektiver Momente 37  
*Deduktion — Induktion* 49—108; 352—354. 359. 384, bei *Newton* 109—149, *mathematisch formell* 371—374; 346, Schule 323. 324. 326. 328.  
*Definition. Definitiones bei Newton* 126—127. 358—363. 399—403; [346. 347. 357. 367—370. 380. 382. 405].  
 Definitiv — provisorisch 80.  
*De mundi systemate* [351].  
*Denken* — Logik 53, *Naturgeschehen* 38—39; 24. 281. 327, Naturwissenschaft 25, *Sein* 175—176; 65—72 — *Denkformen* geschichtliche 3. 11. 57, *Induktion — Deduktion* 49—52, Gewohnheiten 84—87, *Proseß* (Oszillation) 33—41; 38. 39. 49. 84—87 — allgemein denkbar 79.  
 Desorientierung 253.



- Deutschland** — spezifische Befähigung 106. 108, Bezeichnung 21, England 95, 97, Forscher 10. 14, Frankreich 100. 103, *Humanismus* 309—313, *Univertitäten* 334—339.
- Diagonale im Parallelogramm der Kräfte** 266.
- Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung bei verschiedenen Kulturvölkern** 98. 99; 100.
- Dilettantismus** 295.
- Diskret** 11.
- Dissonanzen im Leben** 327.
- Divination** 197.
- Dogmatisch** 235.
- Drehung** 132. 133. 144.
- Druck-Fernwirkung** 6; 9. 142. 414.
- Dualismus** — **Monismus** 28. 221. 255, *Streit* 215—217; 214, **Subjekt** — **Objekt** 31. 33. 49 — **dualistisch** — **einheitlich** 18. 373. 374.
- Durcharbeitung** 37.
- Durchdringen** 27. 57. 66. 67. 359.
- Dynamik** 133. 147 — **dynamisch** — **statisch** 392—395.
- Eigenart** — **Natur** 239, **Denken**, **Forschung** 25. 341, **Faraday**, **England** 17. 100, **Newton's Mechanik** 378, **Sprache u. Terminologie** 29. III, **Schlichtung physikalischen Streit** 217 — **Anschauung** — **Rechnung** 117, **Wirklichkeit** — **Verstand** 106.
- Einbildungskraft** 54. 55. 242. 409.
- Eindeutigkeit** — **Bezeichnung** 45, **Probleme** 196—217, **Materialismus** — **Monismus** 246. 247.
- Einfach. Einfachheit** — **Begriff** 359, **Beschreibung** 58. 365, **Darstellung** 408, **Erscheinung innerhalb d. Systems** 395—398. 407 — 410, **Existenzfragen** 199, **Geometrie** 69, **physikalischer Objekte** 276, **Summengesetz** 11 —13. 89; **Tatsache**. **Wirklichkeit** 248. 249. 296. 359, **verwickelt** 129—132. 175. 368. 370, **Zusammengesetzt, Isolation** — **Superposition** 150—155; 105. 174. 209. 213. 380. 407.
- Einfluß** — **Naturwissenschaft** 236 —239. 282—283; 86, **Kunst** 291.
- Eingangspforten d. Erkenntnis: d. Sinne** 269.
- Einheit** — **Antike** 315, **Darstellung** 207, **Dualismus** 373, **Erscheinungen** 213, **Geist** 273, **Hypothese** 83, **elektrische und magnetische Kraft** 11. 18. 216. 255, **Natur** 151, **physikalisches Weltbild** 254, **Prinzip** 240, **sittlicher Kraft** 228, **vorzeitiger Abschluß zur E.** 226 — **Einheitsgedanke d. Materialismus und Monismus** 227. 250. 252, **der Philosophie** 248.
- Einschätzung des Wesentlichen** 191—192.
- Einseitigkeit** 51. 194. 228.
- Einwirkung** siehe **Wirkung**.
- Elastische Lichttheorie** 65. 206; 207. 216. 217.
- Elastizitätstheorie** 210.
- Elektrodynamik** 140. 144, **E. Ausblick** 97.
- Elektromagnetische Lichttheorie** 62. 65. 207; 205. 216. 217.
- Elektrostatik** 203.
- Elektronentheorie** 19; 30. 144.
- Element** — **erkenntnismäßig, induktiv** 65. 85. 86. 104. 105. 347. 348. 355, **Atom**, **Kleines** 22. 25. 51.
- Elementar** — **Erscheinung, Erscheinungskomplex** 85. 215, **Summen (Integral)** — **Prinzip, Wirkung** 4. 11—13. 101. 370, **in Biologie** 23. 24, **Teiler der Elektrizität** 19.
- Emanations.** — **Emissionstheorie**

- *Undulationstheorie d. Lichtes* 62—67, 205—206; 82. 142. 151. 397.
- Empfindung* 30—33, 222, 231, 241.
- Empirie* siehe *Erfahrung*.
- Energie* — Begriff, Gesetz 80 (im Planetensystem 171), Formen 46. 47, *Prinzip* — *Atomistik* 15—17; 19. 91—93, Einfluß auf Naturwissenschaften 86, *Geschichte* 13—15. 61—62; 11. 107. 200. — *Energetisches Bild d. Mechanik* 412—418.
- England* 258—261, 309, *E. Typus* 103, *E. Geist* 107; 13. 17—19. 94. 95. 97—108. 337.
- Entdeckung* 17. 229.
- Enthaltbarkeit in Ausarbeitung d. Anschauung* 211; 420.
- Entlastung des Anschauungsvermögens* 116. 118.
- Entscheidung d. Wirklichkeit* 206. 344.
- Entwicklung* — *d. Erkenntnis* 204—205; 78—87. 101—108. 109—111; *geschichtlich stetige E.* I—24; 57. 58. 145. 353. 373. III. V, *geschichtlich zufällige E. (undefinierbares Mixtum compositum)* 389—395; 392. 406, innere E. 31. 35. 36. 39, *d. Mechanik, Physik, Wissenschaft* 140—141; 45. 46. 51. 62—66. 75—77. 103. 215. 344—348. 359. 381—386. 390—392. 399 — *Entwicklungs begriff, -gedanke* 267—339; 250—256, *Entwicklungsgeschichte* 274—279; siehe auch *Geschichte*.
- Enzyklopädie* 303; 333.
- Erdtemperaturen. Erdthermometerstation* 158—163. 183—188;
- Erfahrung* — *Atomistik* 194, *Axiom* 132. 371. 394. 400. 406, *Beobachtung* 93, *Beweis* 410, *Darstellung* 106, *Deduktion* 72. 81. 84, *Gebiet (zusammengesetztes)* 150. 173, *Geschichte* 3. 75, *Gesetz* 7. 15. 39, *Gravitation* 408. 409, *Historisch Gewordenes* 87, *Hypothese* 83, *Individualität* 339, *Inhalt* 205, *Logik* 38, *Material* 128, *Mechanik* 92. 118. 129, *Natur* 36, *Naturwissenschaft* 282, *Studium* 281, *Superposition* 262, *Theorie* 8. 102. 205. 355, *Unabhängigkeit von E.* 117. 122, *Unsicherheit, Grenzen d. E.* 402. 405, *Verstand* 139, *Voraussetzung* 71, *Wissenschaft* I. 21 — *Erfahrungskreis d. gewöhnlichen Lebens* 178. 289.
- Erfolg* — *Mißerfolg* 25. 34. 55. 60. 71. 81. 91. 141. 198.
- Erforschung* siehe *Forschung*.
- Ergebnis* 328.
- Erhaltung d. Kraft* 13. 61, *d. Masse* 125—126.
- Erkenntnis* — *Aufgaben* 150, *Definition* 224, *Irrtum* 220, *Kreislauf* 359, *Laien E.* 232, *Subjekt* — *Objekt* 25—48.
- Erkenntnistheorie* — *Bedeutung u. Wert* I—3, *Darstellung* 105—106, *Hertz* 241, *Logik* 52—57, *Naturgesetz* 170—172, *Physik* 19—22, *Weltanschauung* 244—248.
- Erklären* — *Beschreiben* 211. 249. 275—278.
- Erschöpfendes Material* 25. 30.
- Erzwungene Schwingung* [297].
- Exakt* — *Fehlergröße* 190, *Folgerichtig* 216, *Genauigkeitsgrenze* 182, *Mathematik* 202, *Schätzung* 183—188; *Wissenschaft* 276. 318.
- Existenz* — *Atome* 16, *Berechnung (astronomisch)* 60, *Dualismus* 18. 31, *Elektronen* 19, *Gravitation* 7. 88, *Hypothese* 82, *Komponente* 214, *Massenbegriff* 133, *Notwendigkeit* 38. 39, *objektive E.* 39, *d. Probleme* 196—217; *Vorstellung* 17, *Welt-*

- anschauung 246. 247, Wille 72, Wissenschaft 71.
- Experiment. Experimentell** — **Abstraktion** 132, **Altertum** 51, **Ampère** 102, Beobachtung 129. 174. 184, Energieprinzip 13, Existenzfrage 199, Faraday 17, Hertz 65. 143, Ideen (Meinungen) 72. 73, Intellektuell 361, Isolation 154. 155, Material 70, Metaphysik 149, Newton 383, Spekulation 148, Theoretisch 174, Unterricht 328 — Gedankenexperiment (Mach) 121.
- Extreme, naturphilosophische** 219.
- Fall d. Körper 4. 5. 91. 154.
- Fähigkeiten** — **Abstraktion** (Isolation — Superposition) 155. 157. 268. 273. 274. 323, Aufgaben 239, Begrenztheit 220, Bildung 280, Deduktion (mathematisch) 325, Denken — Wollen 270, Historische 392, Ideelle 311. 322, Künstlerische 292, Menschliche 106, Naturnotwendigkeit 40, Naturwissenschaften 222. XII, Theorie — Praxis 173, Verkümmern u. Wandlung 230. 231. 391.
- Farbe, Farblos 242.
- Fehler — Genauigkeit 180, Größe 190.
- Fein — Grob 193. 380. 405.
- Fernwirkung** — **Druckwirkung** 6; 9. 17. 89. 142. 143. 203. 372—374. 414.
- Fertig — Unfertig 240. 246. 247.
- Fiktion — Hypothese (Lotze) 248. 249.
- Finden — Überliefern 328.
- Fingerzeig 214.
- Folge** — Freiheit d. Willens 78, **Voraussetzung i. Mathematik u. Naturwissenschaft** 67—75; 82. 83, erläutert an Theorie d. Lichtes 62—67, Folgerichtig 50. 52. 216. 217 — siehe auch Deduktion.
- Forderung** — **Abstraktion** (Isolation) 170, **Anschauung** 178, **Atomistik** — **Mechanik** 376, **Darstellung** 374—381. 407—412; **Denken** — **Sein** 39, **Entwicklung gegenüber Newton** 377—381, **Erdthermometerstation** 183, **Genauigkeit** — **Un-genauigkeit** 363—366, **Königsweg** 35, **Kontinuität d. Denkens** 86, **unberechtigte F.** 358 — siehe auch **Postulat**.
- Förderung** — **Hemmnis** 211, **Terminologie** — **Begriffsbildung** 256, **Vergleich** — **Kontinuität** 86. 87, **Wechselwirkung** 61.
- Form** — **Axiom**, **Postulat** 77, **Darstellung Maxwell's** 103 (bei Helmholtz 18), **Gleichheit von Erscheinungen** 94, **Gravitation** 7. 89, **Grundsätze Newton's** 133, **Induktion** — **Deduktion** 49. 50. 62. 71, **Inhalt** 72. 256. 360. 422, **Mechanische Analogie**, **Modell** 87, **Sinn** 309.
- Formal. Formalismus** — **Anlehnung d. Energieprinzips an Satz von lebendiger Kraft** 93, **Bildung** 304—306, **Deduktion** 382, **Einwirkung d. Naturnotwendigkeit** 40. 41, **Humanistisches Gymnasium** 322, **Logik** 317, **Monismus** 254—256, **Schulbildung** 314—319.
- Forschung** — **Analogie**, **Identität** 93, **Anpassung** 34, **Ausgang**, **Ziel** 51, **Dichtung** 223, **Doppelgesicht** 396, **Eigenart** 341, **Einfluß** 11, **Erkenntnistheorie** 29, **Erscheinungswelt** 30, **Faraday**, **Maxwell** 18. 89, **Forscherurteile** 54—57, **Gemüt** 228. 229, **Induktion** 84. 91. 327, **Lehrbücher** 103, **Leverrier** 60, **Mayer**, **Joule**, **Helmholtz**

- 13, Natur d. Lichtes 65—66, Phantasie 3. 232, Planeten 57, Psyche d. F. 141, Richtung d. F. 90. 91, Subjekt — Objekt 26—29. VI, Tatsache d. F. 204, Überlieferung 328, Voraussetzungungslosigkeit 74, Vorgefaßte Meinung 72, — Historisch — Logische F. 394, Kühne — Enthaltsame F. 93. 211 — siehe auch Erfahrung, Erkenntnis, Induktion.
- Fortschritt.** Fortschreiten — *Studium d. F. d. Wissenschaft* 52 —57, bedingt durch Wechsel d. Standpunkts 58, Kreisbewegung 35, Ziel d. Naturwissenschaften 62, zum Gesetz 170.
- Frage** — *Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kraft* 141—143, *Existenz, Eindeutigkeit, Vieldeutigkeit d. Probleme* 196—217, *Kausalität u. zureichender Grund* 41—45, *Natur-Begriff* 35—37, *Natur- u. Geisteswissenschaften* 286—290, *Relativität d. Raum- und Zeitvorgänge* 118—119. 122—124, *Ursprung des Notwendigkeitsbegriffs* 39—41.
- Fragestellung** — Gemüt 229.
- Frankreich.** *Französisch-englischer Geist* 107—108; 95. 97—100. 103—108. 337, *Humanismus i. F.* 309, Physik 8. 9. 88, *Typus* 101—103.
- Frei.** Freiheit — Akademische 333. 338. 339, *Bedingt* 410—412; 279. 396—398. 415, *Notwendigkeit* 44. 78. 79.
- Fremdherrschaft** 279.
- Fruchtbarkeit** 215. 287.
- Fundamentalversuch** 101. 107.
- Garantie durch Wirklichkeit (Natur)** 197. 199.
- Gedächtnis** 271.
- Gedankenexperiment (Mach)** 121.
- Gegensatz.** *Gegensätzlichkeit physikalischer Anschauungen* 203; 36. 37.
- Gegenüberstellung** 36. 37. 45.
- Geist** — Menschlicher 90, Französischer. Englischer 107, Natur 263. 281, Naturwissenschaften 257 — *Geistesleben d. Gegenwart* 218—266. 267—339; 2. 90, *Geisteswissenschaften* 220—221. 286—290; 281.
- Gekoppeltes System** [297].
- Gemeinsame mathematische Behandlung bei gegensätzlicher physikalischer Anschauung** 203.
- Genauigkeitsgrenze** 179—182; 202. 363.
- Geniale Naivität** [342]; 182. 202.
- Geologie.** Geophysik 183—188.
- Geometrie** 4. 68—70. 116. 117. 348.
- Gerecht** — Ungerecht 398.
- Gerichtete Größe, Wirkung** 158. 166; 119 siehe auch Richtungsgröße.
- Gesamtheit** siehe auch Geschlossenheit 113. 409.
- Geschehen** 39. 40. 42. 45. 96.
- Geschichte** — *Bildungsideale* 300—339, *Civilisation in England* (Buckle) 258—263, *Gelehrter Unterricht, Schulunterricht* 326—328, *Induktion* 57—66, *Materialismus* (F. A. Lange) 223—225. 231—233, *Mechanik* 97—98. 345, *Menschheit* 90. 274, *Natur* 34. 40. 258—263. 279. 286—290, *Naturwissenschaften* 50. 86. 107. 174. 175. 247. 255. 286—290. 390, *Optik* 204—208. 215—217; 250, *Physik* 1—24; 103. 110. 140. 199. 200. 202. 204—208. 345, *Staatenbildungen* 112, *Wahrheit u. Irrtum* 175—176, *Wissenschaften* 50 — *Geschichtlich* — *Gewordenes* 87. 301—303. 307—313,

- Nachweisen 81, Rückblicke 75. 130. 295—300.  
*Geschlossenheit* 113—115. 407—410; 252. 264. 271. 273. 318. 340. 411.  
 Geschmacksache 133. 420.  
*Gesetz* — Anschauung 3. 15, *Begriff* 78—81; 35—45. 170, Chemie 22, Elementargesetz 10. 11, Gravitation 4—7. 88. 89, *Hypothese* 77—78. 83—84; Induktion 57—63, Regel 80. 81, Subjektive u. objektive Seite 30, *Summengesetz* 11—13.  
 Gewohnheit 48. 101.  
*Gewöhnliche Mechanik* 389—427.  
 Gewölbe (übertragen) 113.  
*Gleichberechtigte Vorstellung* 209—214; 216. 217.  
 Gleichnis 8.  
 Gliederung 113.  
 Grammatik 79. 316—318. 324, Logik 52. 53.  
*Gravitation* 4—7. 57—61; 63. 78. 80. 86—89. 105. 137. 142. 203. 262. 349. 350. 363. 365. 371—373. 393. 408.  
 Greifbar 96.  
 Grenzen 261. 356, d. Erfahrung 380, obere u. untere Grenzwerte 182.  
 Grobe — feine Erscheinungen 193. 380. 405.  
*Groß — Klein (Größenordnung)* 177—195; 67.  
*Grund — Anschauung* 392; 50, *Begriff* 110—113. 115—117. 121—122. 124—125. 139—140; 74. 109, Gesetz 11, innerer, tieferer G. 6. 28. 217, *Grundlagen* 20. 50. 77. 105, d. *Mechanik u. Physik bei Newton* 348—354; 372. 374. 393, *Grundsätze, Grundprinzipie* 110—113. 139—141; 2. 13. 21. 27. 51. 53. 57. 109. 352, *Newton's* 377—381, *Zureichender Grund* 41—45.  
 Handwerkszeug (übertragen) 230.  
*Herkunft d. Begriffs Entwicklungsgeschichte* 274—279; d. *Fragen d. Existenz, Eindeutigkeit* 196;  
 Heuristisch 105.  
 Hilfsgrößen 408, Hilfskonstruktion 423, Hilfsmittel, geistige 193, instrumentelle 189. 193.  
*Hindernis innerer Verständigung* 221—223;  
 Hinreichend siehe Notwendig u. H.  
*Historisch* — Philologisch 286. 300, Standpunkt 402, *Zufällig* 392—395; 389—392.  
*Humanismus* 300—301. 308—313. 314—323;  
*Hypothese — Anschauung (übersinnlich)* 81—83; Deduktion 102, *Gesetz* 77—78. 83—84; 63. 75. 348—350. 356, Grenzen d. Verwertung 193, Mechanik 420. 421, Spezialisierung 211. 212 — in Zitaten: 16. 114. 240. 248—250. 383 (Newton), *hypothesen non fingo* [88. 349. 350].  
 Ideal. Ideell — Denknöwendigkeiten 181, Gestaltung physikalischer Erkenntnis 104, Klassizismus 301, Real 37. 115, Substanz 95, Teilbarkeit 7.  
*Idealismus* — Deutscher 335—337; *Transzendentaler bei Kant* 29—30;  
*Ideen*. Ideenwelt — Forderung 363, *Gesetze, Hypothesen* 83—84, Naturwissenschaften 111, Realitäten 37, *Tatsachen* 32—33; 277. 278. 288. 355. 356 — leere I. 8. 61, vorgefaßte I. 72 — bei Faraday 18, Helmholtz 14, Newton 67, Stumpf 221. 300.  
*Identität* 93; 37. 51. 94. 97. 147.  
 Idiom 99.  
 Illusion 302.

- Illustration, mechanische* 94—97; 89. 94—97.
- Inclinata resurgit* [35].
- Individualität.** Individualisierung 261. 269. 270. 295. 333. 337. 339.
- Induktion.** Induktiv — Argument d. I. bei Newton 371. 379. 382. 383. 386, Aufsteigende I. 205, Betätigung 16, *Deduktion* 49—108. 109—149; 13. 155. 156. 200. 326—328. 359. 383—386, Forschung 255, Individualität 339. 367, Strömung 245, *Tendensen* 352—354; Untersuchung 215.
- Infinitesimalrechnung** 4—6. 8—11; 15. 165.
- Ingenium** [342].
- Inhalt** — Form 77. 256. 360, d. Mechanik, Physik 420.
- Initiative** 336.
- Innen** — Außen 6. 41.
- Integration** 4. 10. 12 — siehe auch *Summe*, *Prinzip*.
- Intellekt.** Intellektuell — Experimentell 361, Kräfte 390, Künstlerisch 230. 291. 292, *Sitte* 227. 228.
- Interessensphäre** 45. 231. 351. 353. III.
- Interpretation** 354. 355. 362. 400. 401. 424.
- Intuition** 56. 84. 102. III. 197. 325.
- Invarianz d. Naturgesetze** 149.
- Irrtum** — *Erkenntnis, Wahrheit* 175—176; 3. 32. 47. 50. 56. 72. 114. 173. 220. 227. 271. 281. 283. 325, *Quelle d. I.* 396.
- Isolation.** Isolierung 115. 132. 137. 143. 323 — *Element* 177. 213. 215. 261. 265, *Zentrum* 157. 171. 225—228. 259. 260. 266. 295. 299 — *Superposition* 150—176. 263—266; 188. 189. 260—262. 268—271. 273. 274. 314. 384. 385.
- Italien** — *Renaissance u. Humanismus in I.* 308—309.
- Kampf ums Dasein** 252.
- Karikatur** 234.
- Kausalität** 41—44; 48, *kausal* — *real* 44.
- Kenntnisse** 239.
- Keuschheit** (*wissenschaftliche bei Hertz*) 242.
- Kindheit** (*menschliche*) 268—269; *Kinetische Gastheorie* 18. 376.
- Kirche** 227. 307. 308. 320 — *Staat* 263.
- Klärung** = *Verwirrung* 34.
- Klangfarbe** [297].
- Klassische Mechanik** 76, *Philologie* 301—303; 292. 300.
- Klassicismus** 307—308; 301. 306. 313. 315.
- Klein** siehe *Groß*.
- Können** — *Müssen* 214.
- Körperwelt** 240.
- Koexistenzprinzip** 155—158; *Komplex* 8. 47. 138. 222.
- Komplikation** — *Bewegungsvorgänge* 129. 132. 138. 368. 369. *Einfachheit* 370, *Menschliche Verhältnisse* 85, *Naturerscheinungen* 384, *Wirklichkeit* 175.
- Komponente** — *Bildung* 316, *Isolation* — *Superposition* 213. 214, *Parallelogramm der Kräfte* 164. 165.
- Kompromis** 86. 139.
- Konfiguration** 45. 92.
- Konflikt** 41. 73. 78.
- Kongenialität von Denken u. Sein** 272. 282. 311.
- Konkret** — *Abstrakt* 170—172; 74. 258, *Wirklich* 171. 172.
- Konsequent.** *Konsequenz* — *Erkenntnistheoretische Durcharbeitung* 148, *Entwicklung d. Mechanik* 388. 399—405, *Inkonsequenz* 194. 195 — *im Zitat* 240.
- Konstitution** 7. 9. 15. 82. 83. 94. 95.

- Konstruierbar. Konstruktion I. 9.  
 96. 123.  
*Kontinuität d. Denkgewohnheiten*  
 85—87; 84.  
*Kontinuumsvorstellung*, Kontinuierlich 209—212; II. 18. 374.  
 Kontrolle 72.  
 Konvektion d. Wärme 159. 160.  
 Läuterungsprozeß 272.  
 Konzeption 62. 67. 86. 96.  
 Koordinaten 116—119. 122. 136.  
 144—146. 368  
*Kraft — Ausbreitungsgeschwindigkeit* 141—143; *Begriff* 45—46; 393. 394. 419, Bewegungszustände 153, Masse 135, *Parallogramm d. K.* 163—166. 214—215; Wirkung (*Actio*) 163. 399 — in Zitaten 266. 399. 409. 422.  
 Kreislauf d. Erkenntnis 35. 359, d. Planetenbewegung 4. 44.  
 Kriterium für wissenschaftliche Werte 283.  
*Kritik — Erkenntnis* 247, *Mechanik durch Herts* 389—427, *Newton'sche Mechanik* 141; 149. 355. 357. 372. 381. 425, System 114. 115 — Scheinbar kritisch 340. 343.  
 Krönung d. Forschung d. Planetenbewegung durch Newton 57.  
*Kultur*. Kulturfaktoren. Kulturwerte — Altertum 300. 302. 317—321, *Eigenart der Völker* 98; 337, Natur 218. 220, Naturerkenntnis 288, Staatsorganismus 265, Technik 285. 286, Zukunft 313 — Kulturelle Freuden u. Annehmlichkeiten 283.  
*Kunst*. Kunstwerk — Altertum 320, *Bildung* 291—300, Darstellung (wissenschaftlich) 105. 106. 139, Erkenntnisbild 28, Lehren 328. 333, Logik. Wissenschaft 53—56. 96. 96, Natur 151, Oszillation 33 — *Kunstformen der Natur* (*Haeckel*) [235], künstlerisch — intellektuell 230 — künstlerisches Empfinden bei Goethe 235, Haeckel 236, Thomson 96.  
*La science et l'hypothèse* (*Poincaré*) [81].  
 Lateinische Sprache 99. 100.  
 Läuterungsprozeß 35. 49.  
*Leben* — gewöhnliches 177—179, *menschliches* 267—274; 151. 152, Schule 326. 327.  
 Lehre — Lehrbücher 100. 102. 103, Wirklichkeit 327, *Lehrer* (*Schule*) 328—334; 338, *Lehrzeit d. Menschen* 269—271;  
*Le mouvement perpétuel est absolument impossible* [62].  
*Lex. Leges* 367—371; 372. 382. 385 siehe auch Axiom, Axiomata.  
*Lichttheorie* 62. 65. 204—208. 215—217; siehe auch Optik.  
*Logik*. Logisch — Beweisen 106, Darstellung 414, Deduktion — Induktion 50, Denken — Sein 65. 66, *Erkennen, Erkenntnistheorie* 52—57, Fehler — Irrtümer 260, formal 317, *Grammatik*, Denken 52—53; 318. 319, Grund, Zufall 44, *historische Entwicklung* 392—395; *Mathematik* 404, Mill 257—258; Naturgeschehen 38—41, physikalische Ökonomie 375, Überbestimmung 418, Voraussetzung — Folge 67. 70. 71. 74. 82, *Wirklichkeit* 410—412.  
 Lücke. Lückenlos 69. 83. 358.  
 Maßstab 177. 178.  
*Malerei* 295—300;  
 Mangel 80.  
 Maschine 62. 95.  
*Masse. Massenbegriff* 124—127. 134—139. 399—403; 5. 59—61. 76. 118. 122. 128. 130. 133. 141. 145—148. 361. 368. 393. 394. 409.

- Materialismus** 221—223. 227—233. 248—250; 37. 234.
- Materiell** — Formell 199. 221.
- Mathematik**. *Mathematisch* —  
 Analysis 74, Antike M. 306, Behandlung, Einkleidung 21. 22, Deduktion 371—374, Einbildungskraft 54, *Existenz, Eindeutigkeit, Vieldeutigkeit* 196—201, *M. formell* — *Physikalisch materiell* 202—204; 101. 118. 122. 199, gedacht 12, Gleichung 58, Hilfskonstruktion 398, Königsweg 35, Mechanik 90. 97. 148, Physik 116. 181. 182. 351—353. 375. XI, Rechnungsmethode 4, *Schule, Schulunterricht* 323—326; 317. 331, *Überschätzung d. M. bei Kant* 202—203, *Voraussetzung und Folge* 67—71. — Mathematiker 15. 54. 55. 97. 116, Mathematischer Physiker 17.
- Mécanique céleste (Laplace)** [350].
- Mechanical illustration** [94. 95].
- Mechanik**. Mechanisch — *Analogie* 89—97, Atomistik 379, *Axiome* — *Postulate* 76—77. 109—149; 75, Energetische M. 412—418, Geschichtliche Stellung d. M. 97. 98, *Hertz* 389—427; 243. 244, historische M. 389—392, *Newton* 109—149. 340—427; 6, Physik 378—386. 390. 420. 421, Vorrichtung 62, Wirkung 4 — in übertragener Bedeutung: grob mechanisch 80, mechanisch — organisch 264. Siehe auch Mathematik, Modell.
- Mechanismus** 44. 59. 90. 95. 96.
- Mehrdeutig** 198. 199.
- Messung**, direkt — indirekt 181, *messen* — *schätzen* 182—188;
- Metaphysik**. *Metaphysisch* 354—358; 29. 118. 120. 124. 149. 364. 427.
- Methodi**. *Methodenlehre*. *Metho-*  
*disch* — Chemie 155, Darstellung 102—104, Deduktive M. (Descartes) 53, *Forschung (Mill)* 257—258; 104. 287, Induktive 49. 61, *Newton* 351. 382—384, *Philosophische Betätigung u. Förderung* 244—248; Physik 20. 21. 255, Physiologie 31, Prinzipie 384. 385, Schule 41, Vergleichende Betrachtung 302. 303.
- Mißbrauch** — *Atomistik* 192—195, Entwicklungsbegriff 267.
- Mißerfolg** 198.
- Mißverständlich** 31; 33.
- Mitarbeit** 244.
- Mittelalter** 307.
- Mixtum compositum** [105. 343. 389—391].
- Modell, mechanisches** 94—96; 16. 87 94—100.
- Modifikation** 140. 141; 133.
- Möglichkeit** 203. 208—214; 38. 51. 344.
- Molekül** siehe Atom.
- Monismus**. *Monistisch* 221—256; 28. 44. 216.
- Monographie der Myxinoiden** [290].
- Multiple Proportionen in Chemie** 7.
- Musik** 295—300.
- Müssen** — Können 214.
- Nacktheit von Tatbeständen** 83.
- Näherung** 36. 58—60.
- Naivität** [34?]; 226. 236.
- Natur** — Mannigfaches Gegenüberstellen u. Verhalten zur N. 151. 184. 243. 311, Geist 263. 281, Geschichte 40. 259. 260. 279, Kultur (Philosophie) 218, Naturgesetz 171. 172, Wirklichkeit 199. 201. 214. 375 — belebte u. unbelebte N. 243, Fülle d. Erscheinungen d. N. 150, N. u. Wesen d. Erscheinungen 75, N. u. Wesen d. Lichtes 63. 75. 205, 206, Studium d. N. 341, Wissen-



- schaft von d. N. 233. 257. —  
Übertragen: Einfluß d. N. auf  
Menschen 218, menschliche N.  
356.
- Naturbegriffen. Naturbegriff* 35  
—37; 158. 222.
- Naturforscher 151. 321.
- Naturgeschehen* 38—39; 41—  
44. 47.
- Naturgesetz — Begriff* 78—81.  
170—172; 74. 171. 260. 349  
siehe auch Abstrakt, Konkret,  
Fragestellung 200. 201, Ge-  
schichtsgesetz 259, *Hypothese*  
77—78; 350, Idee 356, Inhalt  
3, Invarianz 149, Mensch 179,  
Naturnotwendigkeit 71, Regel  
57—63, Subjektive, objektive  
Seite 30, Wirklichkeit 350.
- Naturnotwendigkeit* siehe Not-  
wendigkeit.
- Naturphilosophie* 219—220; 15.  
*Natural philosophy* [21. 219. 378].
- Naturwissenschaft*—Denken 292,  
*Erkennen, Erklären* 19—22;  
224. 245, *Geistesleben* 282—  
290; *Geisteswissenschaften* 220  
—221, 286—290; 224. IV,  
historisch-philologische Wissen-  
schaft 281. 282, *Materialismus,*  
*Monismus* 231—233. 236—244;  
222—224. 250. 255. 256, *Mathe-  
matik* 70—72, *Methoden—Er-  
kenntnislehre* 244—248, *Philo-  
sophie* 218—221, *Technik* 284  
—286 — siehe auch Biologie,  
Chemie, Physik.
- Neuhumanismus* 310—313.
- Nichteuklidische Geometrie* [116].
- Nihil fit sine causa* [357].
- Nihil humani me alienum* [26].
- Nosce te ipsum* [235].
- Nötigung 115.
- Notwendigkeit.* Notwendig — Än-  
derung der Terminologie und  
Sprache 140, Axiom, Postulat  
76—77. 133, *Denken, Natur-  
geschehen* 38—41; 43—48. 70
- 73, Freiheit 44. 45. 78. 79,  
geschichtliche Erinnerung 6, *kin-  
reichend* 374—377; 69. 379,  
innere, äußere N. 106.
- Objekt — Subjekt* siehe Subjekt.
- Ökonomie* (Mach) [363. 375. 379.  
382. 412].
- Optik* 204—208. 215—217. 295  
—300;
- Organ. Organismus — Anpassung  
34. 40, Anschauung 90, Bio-  
logie 23. 24, Forschung (Ver-  
stand) 29, Isolation — Super-  
position 189. 264. 265. 300.  
314, Mechanik als O. d. Natur-  
wissenschaft 91. 93. 94, System  
Newton's als wissenschaftliches  
O. 115. 129 — in Zitat 251.
- Organisationsprojekte 333—336.
- Orientierung* — Erkenntnismäßig  
35, Erziehungsmäßig 271, histo-  
rische O. u. Desorientierung 253.  
254, Isolation, Superposition 158.  
263, *im Raum* 132; 136. 364.  
365. 368.
- Originalität 103.
- Ortszeit* [145].
- Oszillation* 33; 35—37. 351. 359.
- Pädagogik. Pädagogisch 323—325.  
327. 329. 332. 337.
- Parallelenaxiom 348.
- Parallelogramm d. Kräfte* 163  
—166. 214—215. 403—407;  
157. 258. 266. 379. 380. 385.
- pars pro toto* [223].
- perpetuum mobile* [61. 62. 199.  
200].
- Phänomenologie* 30—32. 222;  
119—123. 133. 138. 254 [365].  
408.
- Phantasie 55. 111. 232.
- Philologie* — Bildung 316, *klas-  
sische P.* 300—303; 292. 312.  
317. 321, historisch philologisch  
286. 300.
- Philosophiae naturalis principia*

- mathematica* 344—388; 395  
siehe auch Physik.
- Philosophie* 218—266, 304—306;  
281—282, absolute P. 283,  
*philosophische Mitarbeit* 244  
—248.
- Physik*. Physikalisch — Astro-  
nomie 180. 182, Erkenntnis-  
mäßig, Momente 139, Erklären,  
Beschreiben 275, 276, *Existens*,  
*Eindeutigkeit*, *Vieldeutigkeit*  
199—217, *Faraday*, *Max-  
well* 17—19, Geophysik 183,  
*Induktive Tendenzen New-  
ton'scher Physik* 352—354;  
*Kunst* 295—300, physikalisch  
materiell — mathematisch for-  
mell 199. 202, Mathematik 181.  
182. 351—353, Mechanik 378,  
Mill 258, Monismus — Dualis-  
mus 255, Naturwissenschaften  
191, *Philosophia naturalis*, *na-  
tural philosophy* [21. 219. 378],  
Universität 284. 285, Weltan-  
schauung 226. 233.  
Physiologisch 296—299.  
Physisch — Psychisch 34. 40.  
*Planetenbewegung* 168—169; 4  
—6. 29. 44. 57—61. 80. 166.  
191—192.  
*Polarisation des Lichtes* 215—217.  
Populär. Popularisierung 225. 244.  
248. 278. 287. 288. 293. 299. IV.  
Positiv — Negativ 62.  
*Postulat der absoluten Welt* [148]  
siehe auch Axiom.  
*Präliminar*. *Präliminarien* 49—  
51. 279—281; 76. 141. 360—  
364. 402. 403.  
*Präzisiertes Entwurf d. New-  
ton'schen Mechanik* 381—386;  
345. 353. 354. 359. 360. 362.  
364. 367. 374. 376. 385. 403.  
*Praxis*. *Praktisch* — Bedürfnisse,  
Beruf 306. 322, Systematisch  
402, Technisch 283, *Theorie* —  
*Theoretisch* 172—175; 327. 370.  
371. 409.
- Prinsip*. *Prinsipe* — Einheitliches  
P. 240, Elementar — Summen  
(Integral) P. 370. 385. 399. 422,  
*Energie* 13—15. 61—62. 91—  
93; 385, Induktion — Deduk-  
tion siehe Induktion, Isolation  
— Superposition siehe Isolation,  
*Koexistenz* — *Unabhängigkeits-  
prinzip* 155—158; *Kontinuität*  
*d. Denkgewohnheiten* 85—87;  
84, *Newton's* 130—139. 143  
—145; 385. 422. 423, *Ökono-  
mie* [363. 412]. 384, *Verglei-  
chung* (Oszillation) 84—85; 384.  
*Problem*. *Probleme* — *Existens*,  
*Eindeutigkeit* 196—217, Ver-  
meintliches P. 200.  
Programm 225.  
Πρότρον ψεύδος [223].  
Provisorisch 80. 95. 96. 126. 128.  
Psyche. Psychisch 101. 240. 241.  
245. 303. 319. 322.  
*Psychologie*. *Psychologisch* 104  
—105. 141. 176. 276. 294. 296.  
298. 318. 391. 400. 414, *Wür-  
digung* 227—231.  
Psychomonismus 239 siehe auch  
Monismus.
- Quantitas materiae* [127]. 360  
—362. 401, *motus* 361. 362.
- Radioaktivität* 66—67; 8. 19. 96  
144.
- Raum*. *Raumbegriff* 115—121.  
132—133. 147—149; 29. 30.  
58. 67. 76. 122—128. 136. 145.  
364. 365. 368. 393. 394.  
*Reactio*. *Reaktion*. *Reaktions-  
prinzip*, in Mechanik 137—139.  
143—147. 399—403; 77. 128.  
130. 385. 396. 398 — in Che-  
mie 24, Kirche 308, Schule  
326, Staat 266, Wissenschaft  
343.  
*Real*. *Realisierung*. Realismus —  
Realität — Atomistik 8. 27, Ent-  
deckung 17, Erkenntnistheorie

- 28, Fern-Druckwirkungen 142, ideal 37. 115, *Induktion* 72—73, kausal logisch 39. 44, Kraft 410, mathematisch gedacht 12, präliminar 76, Raum, Zeit (Kant, Newton) 29. 30. 117. 122. 144, sinnlich — übersinnlich 356. 409. 411 — siehe auch Ideal. Idealismus. Ideen. Ideenwelt.
- Rechnung*. Rechnungsresultat. — *Anschauung* 115—117; 90. 91. Begriff 409, Näherung 192.
- Recht jedes wissenschaftlichen Systems* 395—398.
- Regel — Begriff, Gesetz 56. 79—81, Kepler 58—60, Logik. Grammatik 53. 54, Parallelogramm der Kräfte 166. — *Regulae philosophandi* (Newton) 347. 349. 351. 380. 382. 383. 405.
- Règne animal* [290].
- Reibung 153.
- Reichtum der Mittel der Wirklichkeit* 410—412; 212.
- Rein. Reinheit — erkenntnismäßige 36, mathematische 69. 148, naturwissenschaftliche 70, 242, Tatbestände 83, Teilerscheinungen (Isolation) 150. 384, Trägheitsprinzip 132.
- Relativ. Relativitätsprinzip in Mechanik u. Physik* 118—121. 122—124. 132—133. 144—149. 177—179; 51. 58. 136. 138. 364. 365, vollendet 407, Wahrheit — Irrtum 175 — siehe auch Absolut, Reaktionsprinzip.
- Religion 226. 302—304. 310.
- Renaissance* 300—301. 308—309; 316. 320.
- Reproduktion 270. 301.
- Res* [308].
- Resonanzmaxima* [297].
- Resultate der Studien über Newton* 386—388.
- Reziprok 138.
- Rhetorik* 303—304; Richtigkeit 202. 344. 417; *Richtung. Richtungsgröße* — *Actio* 136—137; 134, erkenntnismäßig 345. 360, physikalisch ausgezeichnet 119. 165 — siehe auch Vektor.
- Romantik* 306—307; 281. 282. Rotor 119.
- Rückblicke auf Geschichte der Erkenntnis* I—24. 139—140; 175. 281—290. IV. V, *auf Newton's Grundlagen der Mechanik u. Physik* 348—352; *auf Schulunterricht* 326—328.
- Rückwirkung. Rückwirkende Verfestigung* der Geschichte auf Wissenschaft 289—290, *des wissenschaftlichen Systems* (Newton) 113—115. 132—133; 126. 136. 245. 411, der Technik auf Wissenschaft 285.
- Schätzen* — messen 182—188.
- Scheinbar — Isolierung 213, wahr 364.
- Schema. Schematismus — Atomistik 22, Parallelogramm der Kräfte, Superposition 214. 215. 228, Pestalozzi 325.
- Schlagworte — Gefahr 176.
- Scholastik* 307—308; 99. 317.
- Scholium bei Newton* 363—366; 126. 349. 358. 359. 367. 383.
- Schranken der Sinnenwelt 30. 31. 79. 356. 378. 411. 421.
- Schule* — in Athen 303—306, Leben 269—274. 326. 327, Lehrbücher (französische) 103, Naturwissenschaften 41, *Universität* 332—334; 327. 331, *Unterrichtsfragen* 313—334.
- Schwächen u. Vorzüge bei Hertz* 423—427.
- Schwankungen 211. 212. 353.
- Schwelle. Schwellenwert 189—191.
- Seelisches Gleichgewicht 329.
- Sein* — denken 175—176; 65. 281. 327.

- Selten 150.  
*Sicherheit* siehe Bestimmtheit.  
*Sicherung* siehe Rückwirkung.  
 Sichtbar 8. 25. 94.  
*Simplex sigillum veri* [248].  
 Sinn. Sinnesempfindung. Sinnlich  
 — Anschauung, Denken, Vorstellung 33. 34. 40. 64. 82—84. 90—94. 189, Erkenntnis 27. 48, Erscheinung 30. 31. 55. 64, Grenzen — Hypothesen 8. 24. 180. 214. 349—352. 356. 358. 408—411 — übertragen 31. 32. 129. 212, siehe auch übersinnlich, Hypothese.  
 Sitte — Intellekt 227. 228.  
*Situation* 248—250; 276. 278. 280. 285. 294.  
*Sophistik* 303—304. 306—307; 315.  
*Sparsamkeit* 410—412;  
 Spekulation 218. 220. 350. 356.  
 Spezialisierung der Hypothese 211.  
 Spiel 72.  
 Spirale der Erkenntnis 35.  
 Sport 72.  
 Sprache — Abhängigkeit von Axiomen, Postulaten, Definition, System 74—77. 140. 348, Analogie 63, Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung 98—101, Erkenntnis 36, Grammatik, Logik 52—53, Kraft, Ursache 45. 48, Natur 34, Naturwissenschaft 84. 244. 257. 354. III. Newton 6. 110, Schulunterricht 316—319, Sprachgebrauch 81. 157. 350. 354. 377, Sprachvergleichung 302. 303, unbewußt vorgefaßte Meinung 72. 73, Werkzeug 89, Weltsprache 321.  
*Staat* 264. 265. 314. — Kirche 263.  
*Staatskunst* 263—266.  
 Stärke des Geistes 108.  
 Stammbegriff 358. 359.  
*Standpunkt* — angemessener 219.  
 Volkmann, erkenntnistheoretische
- Durcharbeitung, Präzisierung 345, *erkenntnisgemäßer* 404—407; 36. 57. 58. 402, gewöhnlicher 178, Höhe bei Newton 363, des Physikers gegenüber der Mechanik 375, Relativität 365, Theorien 397.  
*Statisch-dynamisch* 392—395; 397. 402—404.  
*Stellung der Aufgabe zu Newton* 344—348.  
 Stimmung, wissenschaftliche V.  
*Störung in Astronomie* 191—192.  
 Stoß — Kraft 135.  
*Streit* dualistischer 215—217; 176 siehe auch Zwist.  
 Strenge der Wissenschaft 242, 323—325, Vollständigkeit 190.  
 Studienplan 333.  
*Subjekt—Objekt, Subjektivität—Objektivität* — Differenzierung wissenschaftlicher Betätigung der Kulturvölker 98—108, *Erkenntnis-Forschung* 25—48; 170. 201. 232. 276—277. 396. VI. Induktion — Deduktion 49. 75—77. *Hertz* 423—427, Newton 356, *Masse* 124—125, *Raum* 117—118, *Zeit* 121—124, Sinne (Auslese d. S.) 409, Siehe auch Objekt.  
*Summenwirkung* 11—13; 4. 23. 24. 101.  
*Superposition. Superpositum* — Akustik, physiologisch, psychisch 299—300, bei Buckle 260—262, *Isolation* 150—176. 263—266; Leben — Wirklichkeit 228. 273—274. 314, Methodisches Prinzip 384, *Möglichkeit gleichberechtigter Vorstellungen* 212—217, Parallelogramm der Kräfte 380. 405 — Siehe auch Isolation.  
 Symbolik 8.  
*Synthese — Analyse* 155—158; 7. 91. 303.

**System** — physikalisch-materiell: 47. 91. 96. 117. 118. 144—146. 421, *freie u. bedingte S.* 410—411; Weltsystem 57—58.

— wissenschaftlich-logisch: Ansprüche 98, Begriff-S. 43, erkenntnis-theoretische Elemente 104—106. 384, Geometrie 69, Geschichte 1—2, phänomenologisch 30, philosophisch 233, *Voraussetzungen* 73—84, — *in der Mechanik u. Physik von Newton u. Hertz* 109—149. 340—427; 6, insbesondere in Bezug auf: *Geschlossenheit* 113—115. 407—410; 351. 368. *notwendige u. hinreichende Bedingungen* 374—377, *d. Recht Erscheinungen als einfache sum Ausgangspunkte zu wählen* 395—398.

**Systematik-Methodik** — mathematische Anfangsgründe 323, d. Mechanik-Physik 255. 386. 391, insbesondere im Sinne Newtons 377, Fortschritt 366, praktisch 402.

**Tatsache** — Actio 398, Begriff 111, Beobachtung 66, Denkgewohnheit 86. 88, Empfindungen 30, Gedanken 65. 66, Genauigkeit 181, Hypothesen 82. 83, *Ideen* 32—33; 83. 277. 278. 288. 355. 356. Induktion 70. 355, Konstatierung 355, Macht der T., Tatbestand IV. 22, Mechanik 375, Naturgesetz, Naturnotwendigkeit 71, 350, Notwendigkeit 38. 44, Physik 104, (experim. P. 149), Theorien 8. 21. 355, Ursache 47, Voraussetzung 83, Vorstellungen 83. 88. — vereinzelt in verschiedenem Sinne: 20. 24. 26. 31. 40. 45. 53. 63. 71. 88. 90. 115. 123. 132.

**Tatsächliche Bemühungen** 62. Beziehungen 28, Geschehen 78, *gleichberechtigte Vorstellungen* 212—214, Rolle der Induktion u. Deduktion 57.

**Technik** — Naturwissenschaft 284—285; 283. — Hochschule 335.

**Tendens** d. menschlichen Geistes 273, *induktive T. d. Newtonschen Mechanik* 352—354. *mathematisch deduktive T. in d. Mechanik* 371—374, — *in der T.* bei Newton 365, d. Objektivierung VI — in negativem Sinne 392.

**Tensorgroße** (vektoriell) 398.

**Terminologie** — Axiome, Grundlagen des Systems 77. 140, Geschichte d. T. 222, geschichtliche Entwicklung d. Wissenschaft 45, grammatisch-rhetorisch 316, bei Hertz 421, Monismus 244, Naturwissenschaften (Mechanik) 256. 279. 398. III, Superposition, Parallelogramm d. Kräfte 215. 258. 274, Zweckmäßigkeit 87, 92.

**Terminus technicus** [61. 222].

Thema eines Vortrags von Ladenburg 238. 239.

**Theorie** — Bedeutung u. Rolle 191. 195, Beobachtung 178, Einfluß d. T. 9, Forschung 229, Physik 21, *Praxis* 172—175; 327 (th. praktisch 370. 371. 409. — th. experimentell 174), Stärke d. T. 193, Tatsachen 8. 65. 355, Unterschied d. T. 151, Wirklichkeit XI.

Tief u. schwierig 199.

Tradition 316.

Träger d. Denkweise 49.

**Trägheit, Trägheitsprinzip** 130—138; 45. 59. 61. 77. 128. 145. 146. 150. 153. 166—169, 262. 348. 368. 369. 395 — übertragen: T. d. Denkgewohnheiten 87.

Tragweite 9. 69. 84. 233. 283. 287.

- Transzendentaler Idealismus** 29.  
 Trivialität 44. IV.  
 Typus (erkenntnistheoretisch) 101  
 — 106.
- Überbestimmung (logisch) 418.  
 Übereinstimmung d. Denkens u.  
 d. Naturgeschehens 38. 39.  
 Überliefern — entdecken 328.  
 Überraschende Schlichtung e. Streit-  
 es 217.  
**Überschätzung** — Atomistik 23.  
 Deduktion 51. 323, Koperni-  
 kanischer Standpunkt 58, *Ma-  
 thematik* 202—203, e. neuen  
 Theorie 9. 391.  
**Übersinnliche Anschauung, Vor-  
 stellung** — *Hypothese* 81—83;  
 64. 89. 350. 427.  
 Übertragung naturw. Methoden  
 257.  
 Übertriebung e. Wertschätzung d.  
 Atomistik 210. 211.  
**Übliche Kritik an Newtons  
 Grundsätzen** 141—143.  
 Umbildung — Anpassung 34, 86.  
 Umschreibung als vorläufige Defi-  
 nition 401, siehe auch Super-  
 position  
**Unabhängigkeitsprinzip** 155 —  
 158; Unabhängigkeit d. An-  
 sprüche a. e. Theorie von der  
 jedesmaligen Zeit 2, d. Autoren  
 bei Entdeckungen, Erfindungen  
 4. 13—15, d. Axiome von ein-  
 ander: i. Geometrie 69, i. Me-  
 chanik und Physik 115, 118—  
 125. 144. 145. 402, d. Erkennt-  
 nistheorie von äußeren Werten  
 4, d. Mechanik und Physik von  
 besonderen Anschauungen u.  
 Vorstellungen 6. 15, von d.  
 Natur 218. — in neg. Sinne  
 395 — siehe auch Abhängig-  
 keit.  
**Unberechtigter Anthropomorphis-  
 mus** 48; 42. 87 — siehe auch  
 berechtigt.
- Unbestimmtheit** — Bestimmtheit  
 110—113; 55. 81. 126. 392.  
 401.  
**Unbewußt-bewußt vorgefaßte  
 Meinungen** 72—74; 53. 56.  
**Undefinierbares Mixtum compo-  
 situm** 389—392.  
**Undulationstheorie des Lichtes**  
 62—64. 205; 82. 83. 151. 397.  
 Ungenauigkeit sinnlicher Anschau-  
 ung u. Wahrnehmung 82. 350.  
 363.  
 Unfertige Weltanschauung 240.  
 244.  
 Unfug (monistischer) 254. 255.  
**Universität-Schule** 332—339;  
 327. 331. Technik 284—285.  
 Unklarheiten — angebliche i. d.  
 Mechanik v. Kirchoff 379.  
 404.  
**Unmöglichkeit mathematischer u.  
 physikalischer Existenz** 200—  
 201; 197, *perpetuum mobile*  
 61—62; einer vollständigen Be-  
 schreibung 190.  
 Unnötiges Hinzudichten zur Dar-  
 stellung Newtons 407.  
**Unsicherheit** siehe Unbestimmt-  
 heit.  
 Unsichtbar 24. 25. 94.  
**Unterricht** — in Athen 303—  
 306, im Zifferrechnen 181,  
 Denk- und Naturnotwendigkei-  
 ten 41, *Fragen* 313—334,  
 Zwecke 191.  
**Unterschied physikalischer und  
 mathematischer Unmöglichkei-  
 ten** 200. 201, wissenschaftlicher  
 Anlagen d. Kulturvölker 13 —  
 siehe auch Differenzierung.  
 Unvermittelte Fernwirkung 6. 9.  
 17.  
 Unvollständigkeit — Induktion 215.  
 Unwahrscheinlichkeiten 36. 67. 89,  
 siehe auch Wahrscheinlichkeit.  
**Unwesentlich-wesentlich** 209—  
 211; 411. 412. 415.

- Ursache** — Beweisführung 54, Folge 396, Kausalität 43, Tatsache 355, *Wirkung* 46—48; 45, 258, in ablehnendem Sinne bei Newton 357, 395, 399.
- Ursprung**. Ursprünglichkeit — Entdeckung 12, *d. Entwicklungsgedankens* 267, Kausalität 12. 43. 47, Logik 53, Naturbegriff 37, *d. Notwendigkeitsbegriffs* 39—41, Induktion u. Deduktion 49.
- Urteilsfähigkeit 4.
- Vektor — Mechanik 148, Rechnung 165, Tensor 398, siehe auch Richtungsgröße.
- Veranlassung 2. 59.
- Veranschaulichung am Parallelogramm der Kräfte** 214.
- Verborgene Molekularwelt 423.
- Verfeinerte Wahrnehmung 411.
- Verfestigung des Systems von Newton** 113—115; 126.
- Verfügungsrecht eines Systems 129. 130.
- Vergleichen, Vergleichung** — *Mathematik u. Physik* 70—72, *als Prinzip* 84—85; Wissenschaftslehre 2 — sonst: 95. 260. 355 siehe auch Analogie.
- Verhältnis: Abstrakt-Konkret bei Naturgesetzen** 170—172, *Denk-Naturnotwendigkeiten* 38 — 39, *Ideen - Tatsachen* 32 — 33, *Induktion - Deduktion* 38 — 39.
- Verkennung des Wesentlichen** 192—193.
- Verketzung von Raum u. Zeit 145.
- Verknüpfung**: Axiome 77. 128 — 149; 394, Induktion u. Deduktion 74 — sonst 101.
- Verlegenheit vorwärts zu kommen 400. 403.
- Vernachlässigen 190.
- Verschleiern 105.
- Verschlossenheit einer Komponente 214.
- Verstand bei: Descartes 53, Kant 29. 30. 35, Liebig 55.
- Verständigung: zwischen Natur- u. Geisteswissenschaften** 220. 221, *in Weltanschauungsfragen* 221—223; 244.
- Verwechslung des Intellektuellen u. Künstlerischen 291, siehe auch Monismus.
- Verwertung d. Begriffs Entwicklungsgeschichte** 274—279, *Newton'scher Grundsätze* 110 — 113; — ablehnend 256, siehe auch Wert.
- Verwirrung — Klärung 278. 291. 340.
- Verwickelte — einfache Vorgänge 129. 160.
- Vieldeutigkeit d. Fragen u. Probleme** 196—217; 12. 246. 247, Ursache — Wirkung 46.
- Virtuelle Geschwindigkeiten** 403 407.
- Vis centripeta* [370]
- Vis impressa* [6. 130. 135. 142. 357. 362. 367—369].
- Vis inertiae* [362].
- Vis insita* [362].
- Volkswirtschaft** siehe Wirtschaftslehre.
- Vollständig** — *wesentlich* 188 — 195; 69. 114. 137.
- Voraussetzung** — Behauptung 223, bei DREWS 251. 252, bei d. Franzosen 101, *Folge in Mathematik und Naturwissenschaft* 67—75; 63. 158. 233. X, Fragestellung 199, Gesetzmäßigkeit i. Natur 43, Gesetz u. Hypothese 78—84, Logik 54, Selbstverständliche 9, Spezielle (Lotze) 249, Stillschweigende 38. 196, Trägheitsprinzip 132, Voraussetzungslos 245, XI, einem zusammengesetzten Gebiet gegenüber 150.

- Vorbemerkung zu den Verknüpfungsaxiomen Newtons* 128—130.
- Vorbereitende Aufgabe (eines geschichtlichen Rückblickes)* 3—4, siehe auch Präliminarien.
- Vorbildliche Anregung der Naturwissenschaften 263.
- Vorgefaßte Meinung* 72—73.
- Vorgeschichte des Prinzips der Energie 61.
- Vorliebe 52. 98.
- Vorscheiden d. Naturbegriffe Geist — Natur* 35—37.
- Vorstellung — Anthropomorph 27, Atomistik 7—11. 15. 22. 83, bei Faraday — Maxwell 17—19. 89, Liebig 54. 55, Druck - Fernwirkungen 6. 7, erkenntnistheoretisch 1, Gesetz 84, Gravitation 88, Hypothese 82, Induktion - Deduktion 49, Mechanische Analogie, Identität, Modell 93—95, Naturnotwendiges Geschehen 44, Natur und Wesen des Lichtes 63—67. 83, perpetuum mobile 61, Tatsachen 83, siehe auch Anschauung, Denken.
- Vorurteil. Anthropomorph 27, Deduktion 50, Mechanik als Grundlage der Physik (Mach) 378, Sinne (Newton) 358, Urteil (Mach) 86, Voraussetzungen (Reinke) 74.
- Vorwegnahme 114, siehe auch Präliminar.
- Vorzeitige Einführung d. Atomistik u. Gravitation i. Mechanik 378.
- Vorsüge — Schwächen der Darstellung* — d. elektromagnetischen u. elastischen Lichttheorie 378; bei Hertz 423—427; bei Newton 377.
- Vulgärbildung 305. 342.
- Wahr, Wahrheit* — Begriffsbildung XI, *Irrtum* 175—176, Liebe zur W. 277, Psychologische Gewähr 4. 200, Schein Scheinbar 364, Tatsächlichkeit 28, Theorie 173, Wirklichkeit 28, 200.
- Wahrnehmung — sinnliche 6. 24. 33. 82. 352. 356. 363. 408, 410. 421, verborgen sinnl. W. 420.
- Wahrscheinlichkeit 71. 81. 141. 212.
- Wandlung von Anschauungen 205. Wechselspiel. Wechselwirkung 33. 37. 61. 62. 157. 268.
- Wellenvorstellung 64, siehe Undulation.
- Weltanschauung* 218—266; 73. 278—288. 320.
- Weltbild 236.
- Weltpostulat* [148].
- Wert = Unwert; Anschauung.* Bild 233, Chemie 22, Erfolg 81, Einfachheit (Lotze) 248, einzelner Vorstellung 93, *erkenntnistheoretischer Untersuchungen* 1—3; 354, Induktion 49. 52. 61. 62, Mathematik 71, Physik 21, Tatsachen (Liebig) 355.
- Wesen* — Erscheinung - Hypothese 75, Kraft - Gold (Hertz) 406. 407, *Natur d. Lichtes* 63, 66, Subjekt - Objekt 28 — siehe auch Natur.
- Wesentlich = unwesentlich* 209—211; 51. 268. 379, *Vollständig* 188—195.
- Willen — Entwicklung d. W. im menschlichen Leben 270.
- Willkür 105, 393. 407.
- Wirklichkeit* — *Abbildung* 27 — 28. 211—212; 31, Analogie 94. 96, Anschauung 117. 122, Atomistik 8, Axiome 77, 115, 125. 126, Begriff 79, Darstellung 105. 106, Einfachheit 151, Existenz 197, Forschung



- 228, Genauigkeit 182, Hypothese 350, Induktion 59, 60, 81, Konkretes 170, 177, Logik 410—412, Mathematik 202, Mechanik 6. 374—377, Physik 71. X. XI, Raum 348, Studium 281, Superposition 156. 172, Theorie-Gesetz 171—175, Wahrnehmung 408 — übertragen: *Wirklichkeit — Leben* 271—274; 327 — siehe auch Erfahrung, Tatsache.
- Wirkung.* Wirkungselement — Actio bei Gravitation, Elektrizität, Magnetismus 59, 60. 88. 89, Druck — Fernwirkung 6. 203, *infinitesimale Auffassung* 8—11; Summen-W. 11—15, *Superposition*, Parallelogramm d. Kräfte 158—166; 214. 215. 261, *Ursache* 46—48; 24. 45. — übertragen Wechselwirkung: Sinnesempfinden und Denken (auch bei Kunst) 33.
- Wirksamkeit d. Actio 398.
- Wirkungssphäre 205.
- Wirtschaftslehre* 256—263.
- Wissenschaft.* Afterswissenschaft 326, *Bildung* 304—313, einfache Erscheinung 151, historische W. 276—279, Kunst 263, *Philosophie* 304—306; 233. Religion 226, Sinn für Genauigkeit 179. 181, *Technik* 284—286, Unterricht 326—328, Vergleichende W. 302. 303, Wissenschaftslehre 2. 35. 45, zeitlicher Zustand d. W. zur Zeit Newton's 354.
- Wollen 270.
- Würdigung* — *erkenntnistheoretische W. Newtons* 340—427; 363, *psychologische d. Materialismus u. Monismus* 227—231.
- Wunsch innerer Verständigung* *zwischen Natur- und Geisteswissenschaften* 220—221.
- Wurf mechanisch* 166—168.
- Zeit, Zeitbegriff* 121—124, 147—149; 29. 30. 44. 58. 76. 118. 119. 125—128. 133. 145. 364. 393. 394.
- Zeitgenossen 9. 354. V.
- Zeitweilig 3. 11. 18. 205.
- Zentralkräfte 358. 372. 373.
- Zerlegung nach Komponenten 164. 165. 167.
- Ziel 194. 251. 259. 273. 345.
- Zifferrechnen 181.
- Zufall — Zufällig* 392—395; 12. 17. 44. 56. 105. 198. 217. 393.
- Zugänglich — unzugängliche Komponenten 213.
- Zukunft* — Forschung bei Bildungsauffassung 212, d. geistigen Lebens der Nation 314, *d. deutschen Universitäten* 334—339.
- Zulässigkeit 344. 400. 418.
- Zunft gelehrte 13.
- Zuordnung 106.
- Zureichender Grund* 41—43.
- Zurückverweisung 114.
- Zusammengesetzt-einfach* 150—155; 380. 381, superponiert, zerlegen 155, 156. 158. 160. 165. 174. 177. 188, 189.
- Zutreffend 217.
- Zwang d.: Gedanken 318, Systems 387, 417, Tatsachen 207. 214.
- Zweck, Zweckmäßigkeit 3. 9. 20. 22. 28. 32. 43—46. 57. 61. 67. 87. 92. 132. 171. 193. 212. 298. 328. 344. 360. 382. 385. 395. 406. 415. 416. 426. IV.
- Zweifel 53. 102. 345. 397.
- Zwiespalt 280.
- Zwist 229. 230.

**Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin**

[www.libtool.com.cn](http://www.libtool.com.cn)

**Die Fundamente der Entstehung der Arten.** Zwei Essays, geschrieben in den Jahren 1842 und 1844. Von Charles Darwin. Herausgegeben von seinem Sohn Francis Darwin. Autorisierte deutsche Übersetzung von Maria Semon. [ca. 300 S.] gr. 8. In Leinwand geb. [In Vorbereitung.]

**Die Metamorphose der Insekten.** Von Dr. P. Deegener, Professor der Zoologie an der Universität Berlin. [IV u. 56 S.] gr. 8. 1909. Steif geb. *M.* 2.—.

„Es fehlte bisher an einer zusammenfassenden wissenschaftlichen Betrachtung der Insektenmetamorphose von phylogenetischen und allgemein biologischen Gesichtspunkten. Der offenbar auf lamarckistischer Basis stehende Berliner Zoologe versteht es, diese Lücke auszufüllen, und zeigt für Forscher eine Menge neuer Fragestellungen.“  
(Zeitschrift f. d. Ausbau d. Entwicklungslehre.)

**Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experimentellen Bedingungen.** Von H. S. Jennings, Professor der experimentellen Zoologie an der Johns Hopkins University in Baltimore, übersetzt von Dr. med. et phil. E. Mangold, Privatdozent an der Universität Greifswald. [ca. 560 S.] gr. 8. In Leinw. geb. [Erscheint im Herbst 1909.]

Der bekannte amerikanische Biologe gibt eine äußerst klare und ansprechende, von zahlreichen Abbildungen begleitete Darstellung des physiologischen Verhaltens und der auf die verschiedenen Reize der Außenwelt erfolgenden allgemeinen Körperbewegungen der einzelligen Organismen und der niederen Tiere. Der objektiv beschreibende und der theoretisch analysierende Teil des Buches bilden die Grundlage einer vergleichenden Psychologie, welche es verdient, weiteren Kreisen zugänglich gemacht zu werden.

**Experimentelle Zoologie.** Von Th. Hunt Morgan, Professor an der Columbia-Universität New York. Deutsche, vom Verfasser autorisierte, vermehrte u. verb. Ausgabe, unter verantwortl. Mitredaktion von Dr. Ludwig Rhumbler, Prof. d. Zoologie a. d. Forstakademie Münden, übersetzt von Helene Rhumbler. Mit zahlreichen Abbild. [X u. 570 S.] gr. 8. 1909. In Leinw. geb. *M.* 12.—.

Während in Deutschland die experimentelle Forschung der auf die Gestaltungsformen der Tierwelt einwirkenden äußeren Faktoren erst in den letzten Jahren mit Eifer in Angriff genommen wurde, hat dieser modernste und aussichtsreichste Zweig der biologischen Wissenschaft in den Vereinigten Staaten schon seit langem einen hohen Aufschwung genommen. Vor allem waren es die Arbeiten von Th. Hunt Morgan, der nicht nur als Lehrer und Leiter, sondern auch als Verfasser zahlreicher Spezialwerke auf diesem Gebiete Amerika den unbestrittenen Vorrang sicherte. Das vorliegende Buch behandelt in 6 Abschnitten folgende Thomata: 1. Experimentell-Studium x. der Entwicklung; 2. des Wachstums; 3. der tierischen Pflropfungen und Verwachsungen; 4. des Einflusses der Umgebung auf den Kreislauf der Lebensformen; 5. der Geschlechtsbestimmung; 6. der sekundären Geschlechtsmerkmale. Wie in Amerika, dürfte es sich auch in