

**Prinzipien einer
Electrodynamischen Theorie
der
Materie**

von
Johann Carl Friedrich Zöllner

An Wilhelm Weber.

Leipzig, im August 1876.

Fünfzig Jahre einer ununterbrochenen und von seltenen Erfolgen gekrönten wissenschaftlichen Tätigkeit liegen heute vollendet vor Ihren Blicken! Nur wenigen Auserwählten ist es, wie Ihnen, hochverehrter Freund, beschieden, am Abende eines taten-reichen Lebens in ungetrübter Frische des Geistes und jugendlicher Rüstigkeit des Körpers ein halbes Jahrhundert menschlicher Kulturentwicklung denkend zu überschauen, einer Entwicklung, wie sie großartiger in ihrer Erscheinung und tiefer in der Umgestaltung menschlicher Verhältnisse die Geschichte noch niemals zuvor verzeichnet hat.

Ihre Wiege stand in jener altehrwürdigen Stadt, welche durch die geistbefreienden Heldentaten eines Luther und Melanchthon die welthistorische Bedeutung einer Geburtsstätte deutscher Geistes- und Willenskraft erlangt hat. Als aber Ihre Augen das Licht dieser Welt erblickten, stand Deutschland am Vorabende seiner tiefsten Erniedrigung, und nur der felsenfeste Glaube an die unbesiegbare Macht seiner Ideale war es, welcher das deutsche Volk vor der Verzweiflung bewahrte. Doch bereits als Knabe war Ihnen das Glück beschieden, die Schatten jener trüben Nacht in der dämmernden Morgenröte des anbrechenden Tages entschwinden zu sehen. Unter dem Donner der Kanonen, welcher Freiheit verkündend aus den Völkerkämpfen auf den blutgetränkten Gefilden Leipzigs nach jenem kleinen Asyl zu Ihnen hinüber klang, wohin Sie mit Eltern und Geschwistern vor Kriegsgefahr aus Ihrer Vaterstadt geflüchtet waren, feierten Sie Ihren neunten Geburtstag. So wurde Ihr kostbares Leben von dem höchsten Lenker menschlicher Geschicke in seine Obhut genommen, um dereinst Ihrem Vaterland auf friedlicheren Gefilden dem Lorbeer des Kriegers die Palme des Denkers zuzugesellen. Aber auch auf diesem Felde menschlicher Kraftentfaltung verkündeten Sie durch laut redende Taten, dass Wollen und Erkennen, dass Handeln und Denken in der individuellen Erscheinung des Menschlichen eine unzertrennliche Einheit bilden. Gegenüber der unwürdigen Zumutung, um irdischer Güter willen die Treue gegen sich selbst zu brechen, opferten Sie mit noch sechs anderen Ihrer Amtsgenossen Ihre Stellung an der Universität zu Göttingen auf dem Altar der Wahrheit und Gerechtigkeit. Es war ein feierlicher und echt deutscher Protest gegen das moderne Sophisma eines vernünftelnden und matherzigen Egoismus, welcher in heuchlerischer Verblendung den persönlichen vom wissenschaftlichen Charakter eines Gelehrten zu trennen versucht, als könne der Mensch im täglichen Leben ein eitler und kleinlicher Egoist, im wissenschaftlichen Leben dagegen ein rückhaltloser Freund und Förderer der Wahrheit sein.

Ihr Vertrauen auf den höheren Wert der idealen Güter unserer Natur ist von der Vorsehung als ein heilbringender Glaube bekräftigt und reich belohnt worden. In Gauss schenkte sie Ihnen einen der größten Mathematiker und tiefsinnigsten Naturforscher aller Zeiten zum Lehrer und Freunde, mit dem Sie von nun an, fast volle zwanzig Jahre durch gemeinsames Streben verbunden, still und geräuschlos den kostbaren Schatz der menschlichen Erkenntnis bereichern sollten. Wer aber möchte Sie nicht um dieses seltene Glück und die Konzeption einer solchen Fülle von fruchtbaren Ideen beneiden, welche, zur Wirklichkeit entfaltet, unserem Jahrhundert seinen bedeutsamsten Charakter zu verleihen im Stande waren!

Denn die Lust und das reine Vergnügen, welche die selbstlose und erfolgreiche Erweiterung unserer Erkenntnis begleiten, ist eine der edelsten Blüten am weitverzweigten Baum der Menschheit, und bereits vor 188 Jahren preist der englische Philosoph John Locke ¹⁾ dieses Glück der Erkenntnis in seiner berühmten Abhandlung „Über den menschlichen Verstand« in folgenden schönen Worten:

» Man kennt den Gegenstand dieser Abhandlung, den Verstand, nur sehr wenig, wenn man nicht weiß, dass es nicht bloß das oberste Vermögen der Seele ist, sondern sein Gebrauch auch ein größeres und beständigeres Vergnügen als alles Andere gewährt. Seine Forschungen nach Wahrheit sind eine Art Jagd, wo schon die Verfolgung allein einen großen Teil des Vergnügens ausmacht.

Der Verstand urteilt, gleich dem Auge, über die Gegenstände nur nach seinem eigenen Gesicht; was er entdeckt, muss ihm deshalb Freude machen, und was ihm entgeht, kann ihn nicht betrüben, weil es ihm unbekannt bleibt. Wer sich über den Almosenkorb erhoben hat, und nicht bloß träge von den Brosamen erbettelter Meinungen lebt, sondern es unternimmt, durch eigenes Denken die Wahrheit zu finden und zu verfolgen, wird er auch erlangt die Zufriedenheit des Jägers empfinden; jeder Zeitpunkt in ihrer Verfolgung wird seine Mühe mit einer Freude lohnen, und er wird mit Recht seine Zeit nicht für schlecht angewendet halten, selbst wenn er eben nichts Großes erlangt haben sollte.

Dies, geehrter Leser, ist der Genuss derer, welche ihre Gedanken loslassen und ihnen schreibend nachfolgen. Man tadelt es vielleicht als eine große Eitelkeit oder Dreistigkeit, wenn ich mir herausnehme, unser kluges Zeitalter zu belehren.

Offen gestanden, scheint es mir indessen mehr nach Eitelkeit oder Anmaßung zu schmecken, man mit erkünstelter Bescheidenheit seine eigenen Schriften für wertlos erklärt, als wenn man ein Buch aus einem anderen Grunde veröffentlicht; denn es ist eine Verletzung der dem Publikum schuldigen Achtung, wenn man Bücher druckt und deshalb auf Leser derselben hofft, obgleich sie nichts Nützliches für sich darin finden sollen.

Die Grundsätze, Begriffe und der Geschmack der Menschen sind so verschieden, dass man schwerlich ein Buch finden wird, was Allen gefällt oder Allen missfällt. Ich weiß, dass das jetzige Zeitalter nicht das schwächste an Wissen ist, und dass es deshalb nicht leicht zu befriedigen ist.

Schwere und falsch angewendete Worte ohne Sinn haben so sehr das Recht erlangt, für tiefe Gelehrsamkeit und erhabenes Denken zu gelten, dass man jetzt weder den Redner noch die Zuhörer davon überzeugen kann, wie damit nur die Unwissenheit und die Hemmnisse des wahren Wissens verdeckt werden.

¹ John Locke, An Essay concerning Human Understanding. 15th Ed. Vol. 1. The Epistle to the Reader. d. d. 24. Mai 1689. Vgl. deutsche Ausgabe von Kirchmann. S. 18. ZÖLLNER, Elektrodynamische Theorie der Materie.

Wenn ich in dieses Heiligtum von Eitelkeit und Unwissenheit einbreche, so leiste ich vielleicht dem menschlichen Verstand damit einen Dienst, obgleich allerdings wenn Wenige glauben, dass sie durch Worte täuschen oder getäuscht werden können, oder dass die Sprache ihrer Sekte an Fehlern leide, die untersucht und verbessert werden müssen. Wenn ich nicht das Glück habe, zu gefallen, so braucht doch auch Niemand sich durch mich für verletzt zu halten.«

Dieses höchste Glück des reinen Erkennens, welches Locke hier in beredten Worten schildert, ist Ihnen in reichstem Maße zu Teil geworden. Gleichzeitig aber sollten Sie und Ihr großer Zeitgenosse hierbei der Welt eine glänzende Bestätigung der Wahrheit liefern, dass die Erkenntnis, um ihrer selbst willen und nicht um praktischer oder industrieller Zwecke halber gefördert, ganz von selbst auch dem Leben Früchte bringt, indem sie neue und ungeahnte Quellen des nationalen Reichtums und industriellen Erwerbs erschließt; Ihnen und Ihrem Freunde Gauss verdankt die Welt, wie unbestritten anerkannt wird, die erste wirklich praktisch - gelungene Ausführung des elektrischen Telegraphen, und die transatlantische Telegraphie kehrt vielleicht in nicht allzu ferner Zeit zu denjenigen einfachen Methoden zurück, welche Gauss auf dem Prinzip der Magnet-Induktion zuerst begründet und in Gemeinschaft mit Ihnen praktisch ausgeführt hat. Wer wollte heute den tiefgreifenden Einfluss dieser Erfindung verkennen, welche, ungesucht und gleichsam gelegentlich bei rein wissenschaftlichen Bestrebungen gefunden, unser ganzes Kulturleben beherrscht und umgestaltet hat!

Ist es nun aber schon ein reich beglückendes Gefühl, am unbewölkten Abend eines langen Lebens, die in weihevollen Stunden empfangenen Gedanken zu einer lebensvollen Wirklichkeit von kaum geahnter Macht und Fülle verkörpert zu sehen, so muss es ein noch höheres Gefühl der Befriedigung gewähren, im Schatten desselben Baumes der Erkenntnis denkend verweilt zu haben, von welchem vor zweihundert Jahren der große Newton die erste Frucht in Gestalt eines Unsterblichkeit verleihenden Apfels hatte zur Erde fallen sehen.

In der Tat bildet nach meiner Überzeugung die Krone aller Ihrer wissenschaftlichen Schöpfungen die Entdeckung und konsequente Anwendung jenes Fundamentalgesetzes der elektrodynamischen Wechselwirkung zweier Elektrizitätsteilchen, welches Sie vor dreißig Jahren durch Interpretation des von Ihnen durch vollkommene Experimente bewiesenen empirischen Grundgesetzes von Ampère abgeleitet haben. Man hat Ihr Gesetz, soweit es sich auf bewegte Elektrizitätsteilchen bezieht, mit Unrecht als eine Hypothese bezeichnet. Denn wenn man einmal die auf andern Gebieten der Naturforschung angenommene atomistische Konstitution der Materie auch auf die elektrischen Flüssigkeiten überträgt, so ist Ihr Gesetz eben sowenig eine Hypothese, wie dasjenige Newton's. »*Hypotheses non fingo!*« können

Sie mit vollkommen demselben Rechte wie Newton ausrufen. Ganz ebenso wie dieser die empirischen Gesetze Kepler's mit Hilfe der Galilei'schen Prinzipien interpretierte und das Resultat dieser Interpretation durch das Gravitationsgesetz ausdrückte, ebenso waren Sie im Stande, durch Anwendung derselben Galileischen Prinzipien auf die empirischen Gesetze Ampère's Ihr Grundgesetz der Elektrodynamik als Resultat dieser Interpretation auszusprechen.

So lange Ihr Gesetz nur auf die Bewegungen elektrischer Teilchen angewandt wurde, war es fraglich, in wie weit man berechtigt sei, dasselbe auch verallgemeinert auf ponderabele Massen anzuwenden. Sie selbst hatten zwar bereits in Ihrer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand darauf hingewiesen, dass die aus einer solchen Generalisation Ihres Gesetzes hervorgehenden Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Erscheinungen nicht in den Bereich unserer Wahrnehmung fallen würden. Vor zwölf Jahren erschien über diesen Gegenstand eine ausführliche Abhandlung ²⁾ ohne numerische Berechnung wirklicher Himmelserscheinungen. Erst vor fünf Jahren war ich im Stande, die folgenden numerischen Angaben mitzuteilen, welche ich der Güte meines Freundes und Kollegen Scheibner verdanke:

» Unter Beibehaltung des numerischen Wertes der Weber'schen Konstanten c könnte ein Unterschied höchstens in der Bewegung des Merkur beobachtet werden, indem hier eine säkulare Änderung des Perihels von 6.73 Bogensekunden hervorgebracht wurde. Bei der Venus betrüge dieser Einfluss nur noch 1.43 Sekunden.« ³⁾

Diese Angaben haben nach Verlauf kaum eines halben Jahres nach dem Erscheinen meines Buches eine vollkommen unabhängige Bestätigung in Frankreich erhalten, indem Herr Tisserand am 30. September 1872 der französischen Akademie eine Abhandlung ⁴⁾ mitteilte, in welcher er gleichfalls an Stelle des Newton'schen Gesetzes Ihr elektrodynamisches Gesetz auf die planetarischen Bewegungen anwendet. Hierbei findet Herr Tisserand für die säkulare Änderung des Perihels beim Merkur den Wert 6.28, bei der Venus den Wert 1.32 Sekunden, also zwei Werte, welche fast genau mit den oben von mir mitgeteilten übereinstimmen.

Ich darf daher heute mit noch größerer Zuversicht als vor fünf Jahren die folgende Behauptung wörtlich wiederholen:

»Die Bewegungen der Himmelskörper lassen sich durch das von Weber für die Elektrizitäten gefundene Gesetz innerhalb der Grenzen unserer Beobachtungen ebenso gut wie durch das Newton'sche Gesetz darstellen.

2 *De motu perturbationibusque planetarum secundum legem electrodynamicam Weberianum solem ambientium* Scripsit C. Seegers. Gottingae 1864.

3 *Über die Natur der Cometen.* Beiträge zur Geschichte und Theorie der Erkenntnis. Leipzig 1872. S. 334.

4 Tisserand-» *Sur le mouvement des planètes autour du Soleil d'après la loi électrodynamique de Weber.* Comptes rendus 1872. Sept. 30.

Da nun aber, wie gezeigt, das Newton'sche Gesetz als ein spezieller Fall im Weber'schen Gesetze enthalten ist und die Einwände betreffs der Zulässigkeit dieses Gesetzes vom Standpunkte des Prinzips von der Erhaltung der Energie beseitigt sind, so müsste nach den Regeln einer rationellen Induktion das Weber'sche Gesetz an Stelle des Newton'schen Gesetzes für die Wechselwirkung ruhender und bewegter materieller Teilchen angenommen werden.«

In meiner letzten Abhandlung ⁵⁾ habe ich versucht, dieser Behauptung dadurch noch eine neue Stütze zu verleihen, dass ich zeigte, wie die Newton'sche Gravitation als eine Resultante aus den statisch-elektrischen Eigenschaften der letzten Elemente der Materie abgeleitet werden kann. Betrachtet man nämlich als diese letzten, physikalisch nicht mehr teilbaren, Elemente der Körper die beiden trägen Massenteilchen e und e' , mit welchen in Ihrer atomistischen Theorie der elektrischen Erscheinungen die Eigenschaften der positiven und negativen Elektrizitätsteilchen verbunden sind, so lässt sich zeigen, dass die Annahme eines etwas größeren Wertes des attraktiven Potentials zweier ungleichartigen Elektrizitätsteilchen, im Vergleich zu dem repulsiven Potentiale zweier gleichartigen Teilchen, ausreichend ist, um allen materiellen Körpern diejenige Eigenschaft zu erteilen, welche ihnen von Newton zur Erklärung der Himmelsbewegungen beigelegt worden ist. Der numerische Unterschied dieser positiven Potentialdifferenz beläuft sich auf eine Größe, welche kleiner als $1/6 \cdot 10^{46}$ des Wertes einer der beiden repulsiven Potentiale ist, so dass an eine direkte elektroskopische Beobachtung dieser Differenz nicht gedacht werden kann.

Sie wissen es, hochverehrter Freund, eine wie große Freude es mir bereitete, als ich nach längeren Bemühungen die Andeutung analoger Ideen von der spezifischen Identität der elektrischen und gravitierenden Fernwirkung der Materie in einer Abhandlung Mosotti's ⁶⁾ wiederfand, in welcher derselbe durch die Annahme einer ähnlichen Potential - Differenz zu dem folgenden Ausspruch gelangt:

»Il y a une classe de phénomènes, assez singuliers au premier abord, dans lesquelles néanmoins il paraît que la nature, en séparant es forces qu'elle emploie, a voulu se montrer dans out sa simplicité. Tels sont les phénomènes qu'on classe sous la dénomination d'électricité statique.

5 *Über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen und die Widerlegung des elementaren Potentialgesetzes von Helmholtz durch elektrodynamische Versuche mit geschlossenen Strömen.* Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. Sitzung am 12. Febr. 1876,

6 Mosotti, *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps.* Turin 1836. Ich fand diese Abhandlung im September vorigen Jahres in der Bibliothek Lord Lindsay's in Dun Echt bei Aberdeen, deren Güte ich ihre längere Benutzung verdanke.

L'attraction universelle elle même peut découler comme une déduction des principes qui règlent les forces électriques.»

Das Band, welches nach diesen Betrachtungen die gravitierenden und elektrischen Fernwirkungen in der Natur zu verknüpfen scheint, ist im Bereiche der statischen Phänomene ein analoges, wie dasjenige Band, welches Sie vor dreißig Jahren zwischen den magnetischen und elektrischen Fernwirkungen im Gebiete der dynamischen Erscheinungen entdeckt haben. Diese Analogie erläuterte ich in meiner oben erwähnten Abhandlung, S. 202 a. a.O., mit folgenden Worten:

»Um Missverständnisse zu vermeiden, erlaube ich mir hier ausdrücklich zu bemerken, dass ich durch diesen Beweis nicht etwa beanspruche, eine mechanische Erklärung der Newton'schen Gravitationskraft geliefert zu haben, sondern ich behaupte nur, dass diese den materiellen Körpern eigentümliche gravitirende Fernwirkung auf eine statische Resultante zweier elektrischen Fernwirkungen zurückgeführt werden kann, in ähnlicher Weise, wie Wilhelm Weber die magnetische Fernwirkung der Körper auf eine dynamische Resultante derselben beiden elektrischen Fernwirkungen zurückgeführt hat. Zwischen diesen beiden Resultanten findet der bemerkenswerte Unterschied statt, dass bei der statischen Resultanten (der Gravitation) die polaren Eigenschaften der elektrischen Komponenten verschwunden sind, während bei der dynamischen Resultanten dem Magnetismus, diese polaren Eigenschaften in modifizierter Gestalt wieder zum Vorschein kommen. Beide Resultanten repräsentieren jedoch den Grundcharakter aller chemischen Verbindungen, bei welchen die Eigenschaften der verbundenen Bestandteile verschwinden oder so modifiziert wieder zu Tage treten, dass wir in der Verbindung einen neuen Körper, d. h. ein mit neuen Eigenschaften begabtes Aggregat materieller Teilchen zu besitzen glauben. Es liegt daher in dieser Eigenschaft, welche bisher als unterscheidender Charakter aller chemischen Wechselwirkungen der Körper betrachtet wurde, hinfort kein Grund mehr, die chemische Wechselwirkung als eine spezifisch von der elektrischen Wechselwirkung der letzten Elemente der Materie verschiedene Wirkung aufzufassen.«

Wenn die von Ihnen wiederholt in Ihren Schriften ausgesprochene Anschauung von der Gleichartigkeit der chemischen und elektrischen Kräfte durch diese quantitative Differenz der statisch - elektrischen Potentiale eine neue Stütze für die mechanische Erklärung der chemischen Erscheinungen gewinnt, so müssen sich auch die sogenannten Molekularkräfte der Kohäsion, Adhäsion und Reibung auf elektrische Wechselwirkungen der beharrlichen Molekularströme zurückführen lassen, welche nach Ampère's und Ihren Ansichten in allen Körpern vorhanden sind und daselbst nach denselben Gesetzen ununterbrochen fortbestehen, nach welchen die Himmelskörper in ununterbrochener Bewegung in ihren Bahnen kreisen. Ich habe mich gleichfalls in meiner letzten Arbeit bemüht, die Fruchtbarkeit dieser Auffassung an einigen Beispielen zu erläutern. Dass ich hiermit nichts Anderes getan habe, als die mir von Ihnen zu wiederholten Malen mündlich ausgesprochenen Ideen auf konkrete Fälle anzuwenden, brauche ich Ihnen gegenüber nicht noch besonders hervorzuheben. Aber unter den Lebenden erkenne ich Sie allein als den kompetenten

Richter meiner Bestrebungen an, und Sie werden begreifen, wie mir kein schönerer Lohn für diese Arbeit zu Teil werden konnte, als der Beifall, dessen sich dieselbe bei Ihnen zu erfreuen hatte.

Das Gesetz, welches Sie für die Wechselwirkung zweier elektrischen Teilchen vor dreißig Jahren gefunden hatten, ist vom Standpunkte des allgemeinen Prinzips der Erhaltung der Kraft in unseren Tagen bekämpft worden. Herr Helmholtz hatte im Jahre 1847 in seiner Schrift »Über die Erhaltung der Kraft« die irrtümliche Behauptung aufgestellt, dass ein Kraftgesetz mit diesem Prinzip nur dann im Einklang sich befinden könne, wenn die Größe der Kraft »nur von der Entfernung der auf einander wirkenden Punkte abhängt«. Diese Behauptung ist jedoch vor vier Jahren von Herrn Helmholtz selber als eine irrtümliche berichtigt worden, indem derselbe in den Monatsberichten der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom April 1872 (S. 250) wörtlich erklärt:

» Dagegen diesen noch komplizierteren Fall, welchen das Weber'sche Gesetz aufstellt, wo die Kräfte von den Koordinaten und von den ersten und zweiten Differentialquotienten derselben nach der Zeit abhängen, hatte ich damals (1847) nicht berücksichtigt, und dieser Fall ist mit einer etwas erweiterten Form des Gesetzes von der Erhaltung der Energie allerdings vereinbar.«

Ein englischer Physiker, Herr Tait, hat sich indessen durch jene irrtümliche Behauptung des Herrn Helmholtz verleiten lassen, von diesem Gesichtspunkt aus öffentlich Ihr elektrodynamisches Grundgesetz als ein solches zu bezeichnen, welches dem Prinzip von der Erhaltung der Kraft widerspräche und zwar einzig und allein nur deswegen, weil nach diesem Gesetze die Kräfte zwischen den bewegten Teilchen nicht »nur von der Entfernung der auf einander wirkenden Punkte abhängen«⁷).

Die ganze Kontroverse um die Zulässigkeit Ihres Gesetzes hätte ohne das blinde Vertrauen jener beiden englischen Physiker auf die Worte von Helmholtz weder den Umfang noch die Tiefe der Erörterungen über die fundamentalen Prinzipien unserer Naturerkenntnis angenommen.

Denn Sie selber waren es ja, der bereits vor dreißig Jahren ausdrücklich darauf hingewiesen hatte, dass Ihr Gesetz ein Potential besitze. Alle Mathematiker und Physiker haben aber bisher die Existenz eines solchen Potentials als Beweis dafür

7 P. G. Tait, *Sketch of Thermodynamics*. Edinburgh 1868. S. 57. Herr Tait zitiert nämlich a. a. O. die Helmholtz'sche Schrift mit folgenden Worten : » In an admirable tract by Helmholtz *) (who must be classed as one of the most successful of the early promoters of the science of energy on legitimate principles), the whole subject is based upon Newton's principle, with one or other of the following postulates, from either of which the other is shown to follow.« Siehe die Fortsetzung auf folgender Seite.) +) Über die Erhaltung der Kraft. Translated in *Taylor's Scientific Memoirs*. 1853. Berlin 1817.

betrachtet, dass ein Kraftgesetz dem Prinzip von der Erhaltung der Energie genüge. In Übereinstimmung hiermit erklärt denn auch Herr Maxwell im Jahre 1873 unumwunden:

*»Weber's Gesetz ist also im Einklang mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie, insofern ein Potential existiert, und das ist Alles, was für die Anwendung dieses Prinzips von Helmholtz und Thomson gefordert wird.«^{*8)}*

(a) Matter consists of ultimate particles which exert upon each other forces whose directions are those of the lines joining each pair of particles, and whose magnitudes depend solely on the distances between the particles.

(b) The Perpetual Motion is impossible. «

Wie man sieht, betrachtet hier Herr Tait auch die »beharrliche Bewegung« der Körper und ihrer Elemente als einen Widerspruch gegen das Prinzip von der Erhaltung der Kraft, obschon eine solche »perpetual Motion« jenem Prinzip nicht nur nicht widerspricht, sondern vielmehr nach dem bekannten Beharrungsgesetz Galilei's eine Prämisse für die Ableitung jenes Prinzips ist.

Dieser Irrtum des Herrn Tait, der für ihn natürlich auch die Annahme Ampère'scher Molekularströme unmöglich macht, entspringt einfach daher, dass Herr Helmholtz in seiner Schrift auch das »perpetuum mobile«, »welches nicht nur sich selbst in Bewegung erhielte, sondern auch noch im Stande wäre, nach außen Kraft abzugeben«, als einen Widerspruch mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie hingestellt hat. Indem Herr Tait diese ausdrückliche Begriffsbestimmung eines *perpetuum mobile* in der Helmholtz'schen Schrift gänzlich übersieht und daher die ihm unbekannt lateinische Bezeichnung durch »perpetual motion« übersetzt, gelangt er zu demjenigen Argumente, welches er *einzig* und *allein* gegen das Weber'sche Gesetz mit Bezug auf die obigen Sätze der Helmholtz'schen Schrift anzuführen weiß. Die Worte, in denen diese Schlussreihe des Herrn Tait enthalten ist, lauten (p. 57) wie folgt:

» The best known complete hypothesis (that of Weber) on which the mutual actions of electric currents have yet been explained, requires the admission of mutual forces between moving quantities of electricity, which are not consistent with (a), and from which therefore the perpetual motion might be obtained.«

Auf Grund dieser Irrtümer, deren Quelle, wie gezeigt, in der von Helmholtz im Jahre 1847 publizierten Schrift »Über die Erhaltung der Kraft« liegt, hielten sich nun Herr Tait und Sir William Thomson in ihrem gemeinschaftlich herausgegebenen und

8 Maxwell, *Treatise on Electricity and Magnetism*. Vol. II, p. 432. London 1873.

»Weber's law is also consistent with the principle of the conservation of energy in so far that a potential exists, and this is all that is required for the application of the principle by Helmholtz and Thomson.«

von den Herren Helmholtz und Werthheim deutsch herausgegebenen „*Lehrbuch der theoretischen Physik*“ für berechtigt, das Weber'sche Gesetz als ein dem „Prinzip von der Erhaltung der Energie“ widersprechendes Gesetz zu bezeichnen, welches in die Kategorie »*zwar gefährlicher, aber interessanter und oft sehr eleganter Spekulationen*« gehöre.

Die Berichtigung überdeckt Seite XVII

Berichtigung

Auf Seite XVI der vorliegenden Schrift ist „perpetual motions“ durch „beharrliche Bewegung“ übersetzt worden. Ich bin nachträglich belehrt worden, dass die englische Sprache gar kein besonderes Wort besitzt, um den Begriff einer „beharrlichen Bewegung“ von dem wesentlich hiervon verschiedenen Begriff eines Perpetuum mobile zu unterscheiden, indem auch dieser Begriff durch »perpetual motions 1), »the perpetual motion« 2; und »a perpetual motiona 3) wiedergegeben wird. Demgemäß beruht meine a. a. 0. ausgesprochene Behauptung, dass Herr Tait auch die »beharrliche Bewegung« als einen Widerspruch gegen das Prinzip der Erhaltung der Energie betrachte, und ihm der Begriff des lateinischen Wortes »perpetuum mobile« unbekannt geblieben sei, auf einem Irrtum, den ich mir hierdurch zu berichtigen erlaube.

Fortsetzung mit Seite XVII

Ihnen aber, hochverehrter Freund, ist nun die glänzende Genugtuung zu Teil geworden, in Ihren letzten Arbeiten den Nachweis geliefert zu haben, dass Ihr Gesetz nicht nur nicht im Widerspruch mit jenem Prinzip von der Erhaltung der Kraft steht, sondern dass, umgekehrt, Ihr Gesetz eine logische Konsequenz dieses Prinzips ist, wenn einmal das statische Gesetz, wie es Newton für die ponderable, Coulomb und Poisson für die elektrische Wechselwirkung der Körper ausgesprochen hatten, als eine aus der Erfahrung abgeleitete Beziehung zweier räumlich getrennter Körper gegeben ist. Denn das unterscheidende Merkmal Zwischen Ihrem und dem Newtonschen Gesetz besteht darin, dass das Potential des Newton'schen Gesetzes unabhängig von der relativen lebendigen Kraft, das Potential Ihres Gesetzes aber abhängig von der lebenden Kraft ist, also auch von der Geschwindigkeit, und zwar in folgender Weise. Bezeichnen m und m' die beiden durch eine *actio in distans* in Wechselwirkung stehenden trägen Massen, r ihre Entfernung, und v ihre relative Geschwindigkeit in der Richtung ihrer Verbindungslinie, so wird die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Massen durch folgende Potentiale ausgedrückt:

nach Newton:
$$\frac{m \cdot m'}{r}$$

nach Weber:
$$\frac{m \cdot m'}{r} \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$$

Wenn man über die Dimension der beiden Massen m und m' keine besonderen Annahmen macht, sondern dieselben, wie in der mathematischen Theorie allgemein üblich ist, als Punkte, d.h. als Kraftzentren betrachtet, die sich prinzipiell bis zu jedem beliebigen Abstand (r) einander nähern können, so dass also z.B. prinzipiell auch $r=0$ werden kann, so ist klar, dass das Newton'sche Potential zu Widersprüchen mit der Erfahrung führen muss. Dasselbe würde nämlich ausdrücken, dass in einer begrenzten von atomistisch konstruierten Materie, z.B. in einem Kubikmillimeter Wasser, eine unbegrenzte, d.h. jeden beliebigen endlichen Wert überschreitende Summe von potentieller Energie vorhanden sein könne. Denn formell liegt in dem mathematischen XVIII Ausdrucke des Newton'schen Potentials keine Beschränkung für die Annäherung zweier in *Punkten* konzentrierten trägen Massen, so dass es für die Größe der durch die Wechselwirkung zweier solcher Massenpunkte geleisteten Arbeit (indem sie sich z. B. anziehen) ganz gleichgültig wäre, ob wir uns in jenen Punkten die trägen Massen zweier Weltkörper oder diejenigen zweier Milligramms konzentriert dächten. Trotzdem das Newton'sche Potential bei beiden Paaren von Massenpunkten in einem bestimmten Abstand, z.B. von 1 Meter, einen ungeheuren Unterschied der Arbeitsgröße repräsentiert, welche bei einer *gleichen* Abstandsveränderung von ihnen geleistet wird, so würde doch dieser Unterschied in Bezug auf die *Summe* der überhaupt bei ihrer Annäherung erzeugbaren Arbeitsgröße, die in Form von lebendiger Kraft (Energie) auftritt, gänzlich verschwinden; denn auf ihrem Wege von einem *endlichen* Abstand r bis zu einem Abstand $r = 0$ würde die lebendige Kraft (Energie) jener Weltkörpermassen ebenso gut wie die jener beiden Milligramms notwendig unendlich groß werden, d.h. ein unendlich großes Arbeitsäquivalent repräsentieren müssen. Wie man sieht, würden solche Folgerungen mit unseren physikalischen Erfahrungen in direkten Widerspruch treten, welche uns zu der Annahme zwingen, dass in den atomistisch gruppierten Elementen eines Körpers von endlicher Masse und endlichem Raume auch nur ein endliches Quantum von leistungsfähiger Energie vorhanden sein könne, welches durch Wechselwirkung dieser Elemente bei ihrer Annäherung in lebendige Kraft verwandelt werden.

Es würde also diese Eigenschaft des Newton'schen Potentials jede Anwendung des Prinzips von der Erhaltung der Kraft auf reale, d. h. physische Verhältnisse illusorisch machen.

Denn jenes Prinzip verlangt, dass die Summe der verbrauchten, d. h. in lebendige Kraft verwandelten, Spannkraft, *plus* der noch vorhandenen Summe von potentieller Energie, welche sich bei fernerer Annäherung der Körper noch in lebendige Kraft

verwandeln *kann*, stets eine konstante Größe sei. Diese konstante Größe würde aber, wie gezeigt, nach dem Newton'schen Potentiale eine unendlich Größe sein, d. h. eine solche, die sich durch keinen großen endlichen Verlust irgend wie veränderte.

Da uns nun im vorliegenden Falle diese Größe ein gewisses Arbeitsquantum repräsentiert, d. h. eben jene Summe von Kraft, welche nach dem von Helmholtz ausgesprochenen Prinzip von der Erhaltung der Kraft konstant sein soll, so würde, bei Voraussetzung des Newton'schen Potentials für die Wechselwirkung atomistisch konstituierter Elemente, ein jeder beliebige Körper, ein Milligramm ebenso gut wie unsere ganze Erde, ein Reservoir eines unendlich großen, d. h. niemals zu erschöpfenden Kraftvorrates sein.

Helmholtz spricht das erwähnte Prinzip mit folgenden Worten aus:

»Es ist also stets die Summe der vorhandenen lebendigen und Spannkkräfte konstant. In dieser allgemeinsten Form können wir unser Gesetz als das Prinzip von der Erhaltung der Kraft bezeichnen.«⁹⁾

Wie man sieht, würde der analytische Ausdruck des Newton'schen Potentials mit diesem Prinzip in direkten Widerspruch treten, denn bei den Veränderungen und der Konstanz physischer und realer Größen haben wir es stets nur mit endlichen Quantitäten zu tun, und nur für diese hat das oben von Helmholtz in seiner »allgemeinsten Form« ausgesprochene Prinzip einen Sinn, im entgegengesetzten Falle drückt es aber einen Widersinn aus. Da Newton sein Gesetz nur aus der Wechselwirkung von Körpern in direkt messbarem Abstand empirisch abgeleitet hat, und daher ganz folgerichtig nur auf Körper in direkt messbaren Abständen angewandt hat, so konnte der oben nachgewiesene physikalische Widerspruch seines Gesetzes nicht zu Tage treten und verlor auch in der Tat für die Bewegungen der Himmelskörper praktisch jede Bedeutung.

Anders verhält es sich jedoch, wenn man das Newton'sche Gesetz auf die Bewegungen solcher Massen anwenden will, welche man nicht direkt wahrnimmt, und deren Entfernungen auch nicht direkt messbar sind. Dann ist es offenbar notwendig, dass jene oben erörterte physikalische Bedingung nämlich dass die durch Wechselwirkung zweier Massenelemente in Form von lebendiger Kraft erzeugte Arbeitsgröße nur eine endliche und von der Quantität der wirkenden Massen abhängige sein soll auch analytisch in den Ausdruck jenes Potentials von Newton mit aufgenommen werde. Man überzeugt sich nun leicht, dass diese Forderung bei dem Potentiale Ihres Gesetzes in einfachster Weise erfüllt ist. Denn sobald die relative

⁹ Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft*. Eine physikalische Abhandlung, vorgetragen in der Sitzung der physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 23. Juli 1847. Berlin (Reimer, 1847). p. 17.

Geschwindigkeit v , welche sich die beiden Massen m und m' durch ihre Wechselwirkung erteilen, den Wert c erreicht hat, welchen Sie aus elektrodynamischen Versuchen zu 59320 geographischen Meilen bestimmt haben, wird der Wert

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = 0$$

d. h. von nun an sind die beiden Massen nicht mehr im Stande, sich durch gegenseitige Einwirkung aufeinander eine größere Beschleunigung zu erteilen. so dass hierdurch die von ihnen überhaupt erzeugbare Arbeitsgröße eine endliche und nicht überschreitbare wird. Ihr Gesetz drückt daher nur analytisch diejenige Bedingung aus, welche jedes Kraftgesetz erfüllen muss, wenn es physikalisch nicht in Widerspruch mit dem von Helmholtz formulierten Ausdrucke des Prinzips von der Erhaltung der Kraft treten soll.

Wenn man diese einfachen Betrachtungen erwägt, so macht es in der Tat einen merkwürdigen Eindruck, dass Ihr Gesetz gerade von diesem allgemeinen Prinzip aus hat Anfechtungen erleiden müssen, und gerade wieder von denjenigen Männern, welchen wir sehr fruchtbare Anwendungen jenes Prinzips in der Physik zu verdanken haben.

Wer aber wollte in der eigentümlichen Verkettung scheinbar geringfügiger und zufälliger Umstände, wie sie den Kampf um die Wahrheit Ihres Gesetzes entflammt und begleitet haben, nicht eine höhere Zweckmäßigkeit für den Fortschritt in der Erkenntnis der Natur erblicken? Es scheint einmal ein tief im Wesen aller Dinge begründetes Gesetz zu sein, dass jeder neue Gedanke hienieden, sei es auf dem Gebiete sozialer und nationaler Schöpfungen im Leben der einzelnen Völker, oder sei es auf dem Felde der fortschreitenden Erkenntnis der Menschheit, nur unter den Konvulsionen zweier kämpfenden Parteien das Licht der Welt erblickt. Hat man es doch sogar als eins der charakteristischen Merkmale neuer Ideen betrachtet, dass die bei ihrem Auftreten gegen dieselben geschleuderten Geschosse plötzlich ihre Richtung umkehren und sich in Waffen des Angegriffenen gegen den Angreifer verwandeln. Dieser geheimnisvolle Prozess hat sich auch an Ihnen vollzogen und so diejenige Ahnung zur lebensvollen Wirklichkeit gestaltet, welchem ich vor fünf Jahren in folgenden Worten Ausdruck verlieh:

*»Es wird in der Geschichte der fortschreitenden Erkenntnis der Natur stets eine eigentümliche, aber bei Wendepunkten in der Entwicklung der Menschheit schon mehrfach beobachtete, Ironie darin gefunden werden, dass gerade zu derselben Zeit, wo sich dem menschlichen Geist das Weber'sche Gesetz als ein **Universalgesetz der Natur** zu entschleiern beginnt, welches eben sowohl die Bewegungen der Gestirne als auch diejenigen der*

Elemente+6 der Materie beherrscht, dass, sage ich, zu derselben Zeit Männer auftreten müssen, um die Gültigkeit jenes Gesetzes vom Standpunkt allgemeiner Prinzipien zu bekämpfen. Es fällt ihnen jedoch hierbei die weniger dankbare Rolle zu, die Aufmerksamkeit des menschlichen Verstandes auf einen Punkt hinzu-lenken, wo sich ihm bei ernsterem Nachdenken ein Rätsel enthüllen und gleichzeitig der Angriff als ein unbegründeter erweisen muss. So arbeiten wir alle an demselben Werk und die Natur fördert durch den Kampf widerstrebender Meinungen in wunderbarer Harmonie die Zwecke des fortschreitenden Erkenntnisprozesses auf Erden. ¹⁰⁾«

Der Inhalt und die Aufgabe des zweiten Buches des vorliegenden Werkes wird im Wesentlichen darin bestehen, die in meiner letzten Arbeit begonnenen Untersuchungen weiter auszuführen und namentlich auf die Ableitung der Fundamentalgesetze der Chemie anzuwenden ¹¹⁾. Hierdurch verwandelt sich das zweite Buch zu einem Grundriss einer elektrodynamischen Atomistik, in welchem die allgemeinsten Gesetze materieller Veränderungen abgeleitet werden sollen aus der Hypothese, dass die letzten, physikalisch nicht mehr teilbaren Elemente aller Körper die beiden Elektrizitätsteilchen +e und -e mit ihren trägen Massen ϵ und ϵ' sind. Ich hoffe hierdurch den inneren Zusammenhang aller Naturerscheinungen, welcher in den verflossenen dreißig Jahren im Prinzip von der Erhaltung einer unveränderlichen **Quantität der Energie** zum Ausdruck gelangt ist, zu einer **Identität des materiellen Trägers** der Energie verallgemeinern zu können. Auch zu dieser Generalisation haben Sie die Pforten geöffnet und die Wege geebnet, indem Sie in Ihren neueren Arbeiten auf die Notwendigkeit hinwiesen, als den Träger der lebendigen Kraft, welche wir Wärme nennen, jene beiden Elektrizitätsteilchen zu betrachten.

Mit Mosotti wird man dann frohlockend ausrufen können:

» *Voilà dans ces molécules une image des atomes crochus d'Épicure, engendrés par l'amour et la haine de deux matières différentes d'Empédocle !* «¹²⁾,

Ich selber aber hoffe dann dieses zweite Buch mit noch größerem Rechte als meine letzte Abhandlung ¹³⁾, dankerfüllt gegen die Vorsehung, mit den folgenden Worten beschließen zu können, in welchen ich bereits vor fünf Jahren auf die Bedeutung

10 Natur der Cometen usw. Vorrede S. LII

11 Die von Ihnen entwickelten Gesetze der Schwingungen eines elektrischen Atompaars vergl. S.199ff werden wahrscheinlich zur analytischen Bestimmung der Zahl und Lage der Spezial-Linien der chemischen Elemente und ihres Zusammenhangs mit dem Atomgewicht der letzteren führen.

12 Mosotti, *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps*. Turin 1836. p. 32. Hier ist in diesen Molekülen ein Bild der verhakten Atome von Epikur, das durch die Liebe und den Hass zweier verschiedener Dinge des Empedokles erzeugt wird.

13 Über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen und die Widerlegung des elementaren Potentialgesetzes von Helmholtz durch elektrodynamische Versuche mit geschlossenen Strömen. Berichte d. Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. zu Leipzig. Sitzung am 12. Febr. 1876. S. 226.

Ihres Gesetzes für den ferneren Fortschritt unserer Naturerkenntnis hingewiesen habe:

»In Betreff der außerordentlichen Fruchtbarkeit dieses Gesetzes auch im Gebiete der Molekularkräfte und chemischen Vorgänge verweise ich sowohl auf die früheren als namentlich auch auf die mehrfach erwähnten neueren Abhandlungen Weber's. In der Tat, man kann sich beim genauen Studium derselben kaum des Gedankens erwehren, dass die beiden Elektrizitäten die fundamentalen Elemente der Materie seien, aus denen sich alle anderen chemischen Elemente unter dem Einfluss gegenseitiger Wechselwirkung mit der Zeit in ähnlicher Weise durch Anpassung an gegebene mechanische Bedingungen gebildet haben, wie die verschiedenen Spezies der Pflanzen und Tiere durch Anpassung an kompliziertere Existenzbedingungen vermittelst der natürlichen Züchtung.«¹⁴⁾

Der fundamentale Unterschied, welcher zwischen der von Ihnen mit bewunderungswürdiger Konsequenz in den verfloßenen dreißig Jahren entwickelten Theorie der elektrischen Erscheinungen und allen anderen Erklärungsversuchen besteht, ist darin begründet, dass Sie die atomistische Hypothese, dh. die diskontinuierliche Raumerfüllung der Materie zum Ausgangspunkte Ihrer Deduktionen gemacht haben. Ich verzichte hier darauf, die zwingenden Gründe dieser Hypothese bei der gegenwärtigen Beschaffenheit unserer Anschauungsformen zu erörtern. Es ist dies zu wiederholten Malen von verschiedenen Seiten geschehen, am eingehendsten von Fechner in seiner Schrift: „Über die physikalische und philosophische Atomlehre (2. Aufl.) 1864«. Ich gestatte mir nur darauf hinzuweisen, dass Ampère selber, dessen empirisch gefundenes Fundamentalgesetz allen weiteren Theorien zum Ausgangspunkte dient, diese atomistische Anschauung vertreten hat und ganz unzweideutig den Weg im Voraus andeutete, welcher genau nach Newton's Prinzipien, allein von diesem empirischen Gesetze aus, zu dem von Ihnen entwickelten Gesetze der Elektrodynamik führen musste, in vollkommen gleicher Weise wie Newton, von den empirischen Gesetzen Kepler's ausgehend, zu seinem Gesetze der Gravitation geführt worden ist. Denn Ampère beginnt die Einleitung zu seinen elektrodynamischen Untersuchungen ¹⁵⁾ mit folgenden Worten:

*»Die Epoche, welche die Arbeiten Newton's in der Geschichte der Wissenschaften bezeichnen, ist nicht allein diejenige der wichtigsten Entdeckungen, welche der Mensch über die Ursachen der großen Natur-Erscheinungen gemacht hat; es ist auch die Epoche, wo sich dem menschlichen Geist ein neuer Weg in denjenigen Wissenschaften erschlossen hat, deren Objekt das Studium jener Erscheinungen ist.
Bis dahin hatte man fast ausschließlich die Ursachen in dem Antrieb eines unbekanntem*

14 *Natur der Cometen* u, s w. S. 340.

15 André-Marie Ampère - Introduction de la Théorie des phénomènes électrodynamiques , uniquement déduite de l'expérience par. Paris 1826. (Vgl. das Original in den Ergänzungen, S. 293 ff.

Fluidums gesucht, welches die materiellen Körper nach der Bewegungsrichtung ihrer eigenen Teilchen fortführte; und überall, wo man eine rotierende Bewegung sah, setzte man eine Wirbelbewegung jenes unbekanntes Fluidums voraus.

Newton lehrte uns, dass diese Art von Bewegung, wie alle diejenigen, welche uns die Natur darbietet, durch den Kalkül zurückgeführt werden müssen auf Kräfte, welche jederzeit zwischen zwei materiellen Teilchen in der Richtung ihrer geraden Verbindungslinie wirken, dergestalt, dass die von einem derselben auf das andere ausgeübte Wirkung gleich und entgegengesetzt derjenigen ist, welche dieses letztere zu derselben Zeit auf das erstere ausübt, und folglich, wenn man diese beiden Teilchen unveränderlich miteinander verbunden voraussetzt, keine Bewegung aus ihrer Wechselwirkung resultieren kann. Dies ist jenes Gesetz, welches heute durch alle Beobachtungen und durch alle Rechnungen bestätigt ist, und welches Newton in dem letzten der drei Axiome aussprach, die er an die Spitze seiner Philosophiae naturalis principia mathematica setzte. Aber es genügte ihm nicht, sich zu dieser hohen Konzeption emporgeschwungen zu haben, er wollte auch das Gesetz finden, nach welchem jene Kräfte sich mit der relativen Lage der Teilchen, zwischen denen sie wirksam sind, verändern, oder, was auf dasselbe hinausläuft, die Größe derselben durch eine Formel ausdrücken.

Newton war weit davon entfernt, zu glauben, dass ein solches Gesetz gefunden werden könnte, indem man von mehr oder weniger plausiblen abstrakten Betrachtungen ausging. Er statuierte, dass dasselbe aus beobachteten Tatsachen abgeleitet werden müsse, oder vielmehr aus jenen empirischen Gesetzen, welche, wie die Kepler'schen, nichts anderes als verallgemeinerte Resultate einer großen Zahl von einzelnen Beobachtungen sind. Zuerst die Tatsachen beobachten, alsdann ihre Bedingungen so viel als möglich verändern und diese erste Arbeit mit genauen Messungen begleiten, um aus ihnen allgemeine, allein nur auf der Erfahrung beruhende Gesetze zu erschließen, und endlich aus den so gewonnenen Gesetzen, – unabhängig von jeder Hypothese über die Natur der Kräfte, welche die Erscheinungen hervorrufen, den mathematischen Ausdruck dieser Kräfte deduzieren, d. h. die Formel, welche sie darstellt, das ist der Weg, welchen Newton eingeschlagen hat.«

Es ist genau derselbe Weg, den auch Sie in Ihren Arbeiten verfolgt haben und der Sie zu jenem schönen Endresultate geführt hat, welches die Nachwelt in der Entdeckung des fundamentalen Gesetzes einer jeden Wechselwirkung räumlich und zeitlich begrenzter Erscheinungen in gleicher Weise bewundern wird wie die Entdeckung Newton's. Wie sehr Ampère die Erklärung der elektrodynamischen Phänomene durch „Wirbel«, »Wirbelfäden«¹⁶⁾, »vortex motions«¹⁷⁾, »vortex atoms«¹⁸⁾, »rotierende Kräfte«¹⁹⁾ und dgl. m. auf Grund jener Galilei-Newton'schen Prinzipien bekämpfte, mögen noch folgende Worte beweisen, in denen er die Entdeckung Oerstedt's erwähnt:

»Jener ausgezeichnete Gelehrte, welcher zuerst beobachtete, wie die Pole eines Magnetes durch die Wirkung eines Leiters senkrecht zu der Richtung des Leiters fortbewegt wurden, schloss daraus, dass die elektrische Materie um den letzteren rotiere und hierdurch die Pole

16 Helmholtz, Borchardt's Journal, Bd. 78.

17 Maxwell, Treatise on Electricity and Magnetism. Vol. II. p. 416. 1873. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 1866—1867, p. 94 — 105.

18 William Thomson, *Papers on Electrostatics and Magnetism*. 1872.

19 Helmholtz, Poggendorff's Annalen, Bd. 153, S. 549. 1874.

*im Sinne ihrer Bewegung fortschiebe, genau in derselben Weise, wie Cartesius das Fluidum seiner Wirbel im Sinne der planetarischen Umlaufbewegungen rotieren ließ. Ich aber habe, geleitet von den Prinzipien der Newton'schen Philosophie, das von Herrn Oerstedt beobachtete Phänomen, -- wie man es bei allen andern Erscheinungen derselben Gattung getan hat, welche uns die Natur darbietet - zurückgeführt auf Kräfte, welche stets in der Richtung der Geraden wirken, welche die beiden Teilchen verbindet, zwischen denen sie wirken.« *²⁰)*

In der Tat, wenn man diese Worte Ampère's und den von Ihnen mit einer solchen Stetigkeit zurückgelegten Weg betrachtet und gleichzeitig die Fruchtbarkeit der so klaren und einfachen Prinzipien Galilei's und Newton's erwägt, welche in der Astronomie und in allen physikalischen Teilen der Naturwissenschaft einen nie geahnten Sieg errungen haben, so macht es auf unsern Verstand einen beunruhigenden Eindruck, wenn das vom Himmel vertriebene Fluidum des Kartesius sich zwischen die Atome und Moleküle der Körper geflüchtet hat, um hier in unseren Tagen von Neuem sein sinnverwirrendes Wesen zu treiben. Indessen auch hier ist der Tag der Befreiung angebrochen, und wir brauchen nach dem ruhmvollen Siege der Newton'schen Prinzipien in der Astronomie an ihrem endlichen Siege auch in der Physik und Chemie nicht zu verzweifeln.

Diejenigen aber, welche mit dem bewunderungswürdigen Instrumente ihrer mathematischen Analyse die Natur der Körper durch Fluida und deren Wirbel zu ergründen hoffen, mögen die folgenden Worte von Roger Cotes beherzigen, welche derselbe in seiner berühmten Vorrede zu Newton's unsterblichen Prinzipien an die Vertreter solcher Wirbeltheorien gerichtet hat:

»Diese mögen an ihrer Ansicht Freude finden, jedoch müssen sie auch billig handeln, und anderen die Freiheit nicht versagen, welche sie für sich selbst in Anspruch nehmen. Es wird daher erlaubt sein, Newton's System, welches uns wahrer erscheint, beizubehalten und zu umfassen, wie auch den durch Erscheinungen dargetanen Ursachen lieber zu folgen, als gänzlich erdichteten und noch nicht erwiesenen. Zur wahren Forschung gehört die Natur der Dinge aus wirklich existierenden Ursachen abzuleiten.« ²¹)

Noch viel nachdrücklicher aber entwickelt Cotes die Anschauungen Newton's in folgenden Stellen jener Vorrede ²²):

²⁰ Vgl. den Originaltext, S. 294.

²¹ Deutsche Übersetzung von Wolfer's. Berlin 1872. p. 12.

Im Original lautet die obige Stelle wie folgt: *His sua licebit opinione frui; ex aequo autem agant oportet: non ergo denegabunt aliis eandem libertatem quam sibi concedi postulant. Newtonianam itaque philosophiam, quae nobis verior habetur, retinere et amplecti licebit, et causas sequi per phaenomena comprobatas, potius quam fictas et nondum comprobatas. Ad veram philosophiam pertinet, rerum naturas ex causis vere existentibus derivare.*« (p. XXIV.)

²² *»Igitur si ostensum fuerit, universorum corporum attractionem habere verum locum in rerum natura; quin etiam ostensum fuerit, qua ratione motus omnes caelestes ubinde solutionem recipiant; vana fuerit et merito deridenda objectio, si quis dixerit eosdem motus per vortices explicari debere, etiamsi id fieri posse vel maxime*

„Wenn daher gezeigt ist, dass in der Natur eine wirkliche Anziehung aller Dinge stattfindet; wenn ferner auch gezeigt ist, nach welcher Weise man alle Bewegungen am Himmel durch sie erklären könne, so würde der Einwurf, dass dieselben Bewegungen durch Wirbel erklärt werden müssten, wenn wir auch die Möglichkeit der letzteren zugeben hätten, eitel und wahrhaft lächerlich sein. Wir geben aber diese Möglichkeit nicht zu. Die Erscheinungen können nämlich auf keine Weise durch Wirbel erklärt werden. (p. 13.)

Die Schwere wird daher keine verborgene Ursache der Erscheinungen am Himmel sein, indem aus den Erscheinungen selbstargetan wird, dass sie wirklich existieren. Diejenigen nahmen vielmehr zu verborgenen Ursachen ihre Zuflucht, welche, ich weiß nicht, was für Wirbel einer gänzlich ersonnenen und den Sinnen ganz unbekanntem Materie annehmen, durch welche jene Bewegungen hervorgebracht werden sollen. (p. 11.)

Sie behaupteten demnach, die allgemeine Materie sei homogen, und alle den begrenzten Körpern eigentümliche verschiedene Formation entspringe aus gewissen, höchst einfachen, und leicht zu erkennenden Beziehungen der sie zusammensetzenden Teilchen. In der Tat stellen sie so zwar ein Fortschreiten vom Einfachen zum Zusammengesetzten dar, wenn sie jene ursprünglichen Beziehungen der Teilchen so annehmen, wie die Natur sie zeigt.

Allein ... da sie selbst gewisse verborgene Flüssigkeiten erdenken, welche die Poren der Körper frei durchwandern, eine sehr bedeutende Freiheit besitzen und durch verborgene Bewegungen angetrieben werden: so versinken sie in Träumereien, indem sie die wahre Einrichtung der Dinge vernachlässigen, welche man vergebens durch falsche Vermutungen

concesserimus. Non autem concedimus: nequeunt enim ullo pacto phaenomena per vortices explicari. (p. XXIV.)

Gravitas ergo non erit occulta causa motuum coelestium; siquidem ex phaenomenis ostensum est, hunc virtutem revera existere. Hi potius ad occultas confugiunt causas, qui nescio quos vortices, materiae e cujusdam prorsus fictitiae et sensibus omnino ignotae, motibus iisdem regendis praeferunt. (p. XXIII.)

Statuerunt itaque materiam universam homogeneam esse, omnem vero formarum varietatem, quae in corporibus cernitur, ex particularum componentium simplicissimis quibusdam et intellectu facillimis affectionibus oriri. Et recte quidem progresso instituit a simplicioribus ad magis composita, si particularum primariis illis affectionibus non alios tribuunt modos, quam quos ipsa tribuit natura.

Verum ubi licentiam sibi assumunt, ponendi quascunque libet ignotas partium figuras et magnitudines, incertoque situs et motus; quin et fingendi fluida quaedam occulta, quae corporum poros liberrime permeant, omnipotente praedita subtilitate, motibusque occultis agitata; jam ad somnia delabuntur, neglecta rerum constitutione vera: quae sane frustra petenda est ex fallacibus conjecturis, cum rix etiam per certissimas observationes investigare possit. Qui speculationum suarum fundamentum desumunt ab hypothesebus; etiamsi deinde secundum leges mechanicas accuratissime procedant; fabulam quidem elegantem forte et renustam, fabulam tamen concinnare dicendi sunt. (p. XVI.) Sunt qui gravitatem praeter naturam esse dicunt, et miraculum perpetuum vocant. Itaque rejiciendam esse volunt, cum in physica praeternaturales causae licum non habeant. Huic ineptae prorsus objectioni diuendae, quae et ipsa philosophiam subruit univrsam, rix operae pretium est immorari. Vel enim gravitatem corporibus omnibus inditam esse negabunt, quod tamen dici non potest: rel eo nomine praeter naturam esse affirmabunt, quod ex aliis corporum affectionibus atque ideo ex causis mechanicis originem non habeat. Dantur certe primariae corporum affectiones, quae quoniam sunt primariae, non pendent ab aliis. Viderint igitur annon res hae omnes sint pariter praeter naturam, coque pariter rejiciendae: riderint vero qualis sil deinde futura philosophia. p. XXIV.)

Ideone autem gravitas occulta causa dicitur, eoque nomine rejicietur ex philosophia, quod causa ipsius gravitatis occulta est et nondum inventa? Qui sic statuunt, rideant nequid statuunt absurdi, unde totius tandem philosophiae fundamentum convellantur. p. XXIII.

Etenim causae continuo neru procedere solent a compositis ad simpliciora: ubi ad causam simplicissimam perveneris, jam non licebit ulterius progredi. Causae igitur simplicissimae nulla dari potest me

abzuleiten suchen wird, da man sie kaum selbst durch die sichersten Beobachtungen erforschen kann. Diejenigen, welche ihre Spekulationen auf Hypothesen begründen, werden, wenn sie hierauf auf's Strengste nach mechanischen Gesetzen fortschreiten, eine Fabel, vielleicht eine elegante und schöne, jedoch nur eine Fabel aufbauen. (p. 4.)

Manche halten die Schwere für unnatürlich und nennen sie ein beständiges Wunder. Sie wollen sie daher verwerfen, da in der Physik übernatürliche Ursachen nicht stattfinden. Bei der Widerlegung dieses durchaus törichtem Einwurfes, welcher die ganze Naturforschung umstößt, zu verweilen, ist wohl kaum der Mühe wert. Entweder leugnen sie, dass die Schwere allen Körpern innewohne. - was jedoch nicht behauptet werden kann. -- oder sie halten sie deshalb für übernatürlich, weil sie aus andern Beziehungen der Körper und daher nicht aus mechanischen Ursachen entspringt. Sicher finden ursprüngliche Beziehungen der Körper statt, welche von andern nicht abhängen, weil sie eben ursprüngliche sind. Man mag daher zusehen, ob nicht alle diese Beziehungen übernatürliche und deshalb zu verwerfen seien, und zusehen, wie künftig die Naturlehre beschaffen sein würde. (p. 12.) Wird man aber deshalb die Schwere eine verborgene Ursache nennen, und sie unter diesem Namen aus der Naturlehre verbannen. weil ihre Ursache verborgen und noch nicht gefunden ist? Diejenigen, welche dies behaupten, mögen sehen. dass sie keine absurde Behauptung aufstellen, wodurch sie endlich die ganze Grundlage der Physik umreißen würden. (p. 11.)

Obgleich man durch beständige Verknüpfung der Ursachen vom Zusammengesetzten zum Einfachen fortzuschreiten pflegt, kann man doch nicht weiter kommen, sobald man zur einfachsten Ursache gelangt ist. Von der letzteren kann keine mechanische Erklärung gegeben werden; würde diese gegeben, so wäre die Ursache noch nicht die einfachste. Wird man deshalb diese einfachsten Ursachen verborgene nennen und dieselben verbannen wollen? Zugleich würden dann auch die unmittelbar von ihnen abhängenden und ebenso die weiter abhängenden Ursachen verbannt werden, bis die Naturlehre von allen Ursachen frei und gereinigt wäre.« (p. 12.)

Diese Anschauungen Cotes, denen ich aus innigster Überzeugung beipflichte, weil ich unabhängig zu einem identischen Resultate in meinen Betrachtungen gelangt bin, sind für den ferneren Fortschritt in der Erkenntnis der Natur und die Erweiterung unserer sinnlichen Anschauungsformen von unberechenbarer Tragweite.

Im Übrigen enthält die ganze Vorrede von Cotes zu Newton's Prinzipien im Wesentlichen nichts Anderes, als eine scharfsinnige Verteidigung der Atomistik und unvermittelten Fernwirkung der Materie. Dass diese Vorrede aus Cambridge vom 12. Mai 1713 datiert ist, also aus einer Zeit, in welcher Newton bereits im 71. Lebensjahre stand, beweist wohl zur Genüge, dass die hierin von Cotes ausgesprochenen Gedanken mit Newton's Anschauungen in vollster Übereinstimmung gewesen sind.

Die Annahme, Newton sei trotzdem ein Gegner der *materiell* unvermittelten Fernwirkung gewesen, involviert für mich ein so großes psychologisches Rätsel, dass es mir unbegreiflich ist, wie man auf Grund eines gänzlich missverstandenen Briefes von Newton an Bentley eine solche Anschauung öffentlich zu vertreten den Mut besitzen kann.

Herr Maxwell behauptet nämlich in einem am 4. Februar 1873 in der Royal Institution gehaltenen Vortrage Folgendes:

»Die Lehre von der direkten (unvermittelten) Wirkung in die Ferne kann nicht für ihren Urheber den Entdecker der allgemeinen Gravitation in Anspruch genommen werden. Sie wurde zuerst von Roger Cotes behauptet, in seiner Vorrede zu den »Prinzipien«, welche er bei Lebzeiten Newton's herausgab und als die naturwissenschaftlichen Prinzipien Newton's in Europa Wurzel fassten, waren es vielmehr die Anschauungen von Cotes als diejenigen von Newton, welche die am meisten herrschenden wurden...«

Sir William Thomson spricht im Jahre 1872 förmlich einen Bannfluch aus, durch welchen er die von Newton und Cotes vertretene Lehre einer direkten unvermittelten Fernwirkung der Materie in die Acht erklärt, indem er bemerkt:

»Das achtzehnte Jahrhundert bildet eine wissenschaftliche Schule für sich, in welcher an Stelle des nicht unnatürlichen Dogmas der früheren Scholastiker: „Ein Körper kann dort nicht wirken, wo er nicht ist“, das abenteuerlichste aller Paradoxa gesetzt wurde „Berührung existiert nicht“. Dieser sonderbare Gedanke schlug tiefe Wurzeln, und diesen entspross ein unfruchtbarer Baum, welcher den Boden aussaugte und das ganze Gebiet der Molekularphysik überschattete, auf welche so viel unnütze Arbeit der großen Mathematiker im Anfang unseres neunzehnten Jahrhunderts verschwendet worden ist«

XXX E. du Bois-Reymond ²³⁾ spricht denselben Gedanken um dieselbe Zeit aus und sucht ihm unter der Maske einer »demütigen Unwissenheit« einen möglichst sicheren und schnellen Eingang zu verschaffen, indem er bemerkt:

»Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind an sich unbegreiflich, ja widersinnig, und erst seit Newton's Zeit durch Missverstehen seiner Lehre und gegen seine ausdrückliche Warnung, den Naturforschern eine geläufige Vorstellung geworden.« »... und je demütiger er (der Naturforscher) in seine Unwissenheit sich schickt, ...«

Es ist klar, dass alle diese übereinstimmend ausgesprochenen Ansichten auf eine gemeinsame Quelle hindeuten, und es entsteht naturgemäß die Frage, wo diese Quelle zu suchen sei?

Herr Maxwell gibt auf diese Frage in seinem oben erwähnten Vortrage die Antwort, „bei Faraday und den Scholastikern“, denn er bemerkt a. a. O.:

»Aber so weit war Newton von der Behauptung entfernt, dass Körper wirklich auf einander aus der Entfernung, unabhängig von irgend einem Körper zwischen ihnen, wirken können, dass er in einem Briefe an E. Bentley, welchen Faraday zu diesem Zwecke herbeigezogen hat, sagt ²⁴⁾ :

23 Über die Grenzen des Naturerkennens. Ein Vortrag in der zweiten öffentlichen Sitzung der 15. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig am 14. August 1872 gehalten von Emil du Bois-Reymond. Leipzig Veit & Comp.). 2. Aufl. p. 10 und p. 29.

24 Maxwell a. a. O. » But so far was Newton from asserting that bodies really do act on one another at a distance independently of any thing between them, that in a letter to Bentley, which has been quoted by Faraday in this place, he says:

»» It is inconceivable that inanimate brute matter should, without the mediation of something else, which is not

»»Es ist unbegreiflich, wie unbeseelter, roher Stoff, ohne irgend eine sonstige Vermittlung, welche nicht materiell ist, auf einen anderen Gegenstand ohne wechselseitige Berührung wirken könne, was der Fall sein müsste, wenn die Gravitation, im Sinne Epicur's, zum Wesen der Materie gehörte und ihr inhärent wäre ...««

Es wird von den Vertretern einer vermittelten Fernwirkung die Frage aufgeworfen, ob es nicht in solchen Fällen, wo wir das vermittelnde Medium nicht wahrnehmen können, philosophischer sei, die Existenz eines solchen, uns gegenwärtig nicht wahrnehmbaren Mediums vorauszusetzen, als die Behauptung aufzustellen dass ein Körper an einem Orte wirken könne, wo er nicht existiert.«

Um nun zunächst die *Petitio principii* aufzudecken, welche in dem alten Satz der Scholastiker, »*Corpus ibi agere non potest ubi non est*«, versteckt liegt, bedarf es nur der einfachen Überlegung, dass jener Satz nur dann eine begrifflich und logisch bindende Kraft besitzen kann, wenn man zuvor die Frage beantwortet hat »*ubi est corpus*« d. h. wo existiert ein Körper? Ich wüsste nun nicht, welche andere Antwort auf diese Frage gegeben werden könnte als: "da wo er wirkt" dh. ein Körper existiert dort, wo unser Verstand die von ihm erzeugten und an uns oder andern Körpern wahrgenommenen Wirkungen hin versetzt.

Für die allgemeine Gültigkeit dieser Behauptung ist die besondere Qualität dieser Wirkungen vollkommen gleichgültig, denn sie hängt von der Beschaffenheit des reagierenden Organismus ab.

In diesem Sinne existiert z. B. der Mond an der Erdoberfläche, wenn er die Flutwelle des Meeres erzeugt oder die Lage des Schwerpunktes der Erde verändert, ganz ebenso wie ein Körper in unserer Hand existiert, wenn derselbe ihre Hautfläche durch Druck- oder Wärmewirkungen afficirt, und wir auf diese Weise zur Vorstellung von der lokalisierten Existenz eines Körpers gelangen. Von diesem verallgemeinerten Gesichtspunkte, welcher die Lokalisierung der Körper nicht willkürlich nur von einer besonderen Gattung von Wirkungen sondern von jeder durch die Erfahrung bewiesenen Wirkung der Körper abhängig macht, verschwindet der Unterschied zwischen Berührungs- und Fernwirkungen. Dass ein Körper den Bewegungszustand eines andern aus einer für unseren gegenwärtigen Organismus sichtbaren Entfernung zu verändern vermag, ist nicht minder eine Tatsache der Beobachtung wie der Widerstand und der Druck, welchen ein Körper in einer für uns unsichtbaren Entfernung, die wir »Berührung« nennen, auf uns oder einen andern Körper ausübt.

material, operate upon and affect other matter without mutual contact, as it must do if gravitation, in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it...««

» It is asked, by the advocates of mediate action, whether, in those cases in which we cannot perceive the intermediate agency, it is not more philosophical to admit the existence of a medium, which we cannot at present perceive, than to assert, that a body can act at a place where it is not a. a. 0.

Dass zwischen den räumlichen Bedingungen, unter denen wir diese beiden Klassen von Wechselwirkung zwischen Körpern beobachten, eine absolute Verschiedenheit existiere, so dass in dem einen Falle der räumliche Abstand der Oberflächen zweier Körper ein endlicher sei, im andern Falle aber absolut Null sein müsse, ist eine durchaus willkürliche Annahme, zu der wir uns nur durch den Schein verführen ließen. Eben sowenig wie wir berechtigt sind, für den endlichen Abstand zweier physisch gegebenen Körper einen absolut genauen Größenwert anzunehmen, sondern stets nur einen solchen, welcher in den Fehlergrenzen der angewandten Beobachtungsmethode eingeschlossen ist, ebenso wenig sind wir berechtigt, für den Abstand zweier Körperoberflächen den absolut genauen Wert Null anzunehmen. Und dennoch würden nur unter dieser Bedingung die räumlichen Verhältnisse zweier Körper bei der Berührung absolut und nicht bloß relativ verschieden von denjenigen sein, bei welchen sie aus einer für uns sichtbaren und deshalb direkt messbaren Entfernung auf einander wirken ²⁵).

Dass Newton bei Abfassung seiner »*Philosophiae naturalis Principia mathematica*« diese Anschauungen vollkommen teilte, geht aus der bereits oben hervorgehobenen Tatsache hervor, dass er die zweite und dritte Ausgabe seines unsterblichen Werkes ²⁶) mit jener Vorrede von Roger Cotes bereichert hat, in welcher dieselben Wahrheiten mit einer wahrhaft klassischen Schärfe deduziert sind.

Eine wie hohe Achtung übrigens Newton vor dem reich entfaltetem Verstand seines jungen Freundes Cotes besaß, mag, abgesehen von dem bereits erwähnten Beweise, daraus erhellen, dass Newton vier Jahre hindurch einen umfassenden Briefwechsel ²⁷) mit Cotes unterhalten hat und, als er im Jahre 1716 die Nachricht von dem frühen Tode des 34jährigen Cotes erhielt, schmerzlich bewegt in die klagenden Worte ausgebrochen sein soll:

»If Cotes had lived, we had known something ! «

Nach welchen psychologischen Gesetzen daher W. Thomson, Cl. Maxwell und E. du Bois-Reymond ihre abweichende Meinung verteidigen wollen, bei welcher sie die Möglichkeit zugeben müssen, dass ein Autor bei seinen Lebzeiten zwei Auflagen eines bewunderungswürdigen Werkes von unergründlicher Tiefe der Gedanken mit der Vorrede eines Andern in die Welt schicke und letzterem gestatte, in dieser Vorrede Anschauungen und Prinzipien zu entwickeln, welche mit den Überzeugungen des

25 Vgl. meine soeben erschienene Abhandlung: Über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen. Berichte d. Königl. Sächs. Ges. d. W. Sitzung am 12. Februar 1876. Leipzig bei S. Hirzel.

26 Ausgabe von Le Seur und Jacquier, Genevae 1739.

27 Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes etc. ed. by J. Edleston. M. A. Fellow of Trinity College, Cambridge. London 1850.

Autors in direktem Widerspruch stehen das werden jene Männer vor dem Richterstuhl ihres eigenen Verstandes und einer besser unterrichteten Nachwelt zu verantworten haben.

Nachdem ich im Vorhergehenden die Scholastiker widerlegt und die *Petitio principii* ihres Satzes »*corpus ibi agere non potest ubi non est*« nachgewiesen habe, gehe ich zur Aufdeckung des Missverständnisses über, welches sich dieselben bei ihrer Interpretation des oben von Faraday und Maxwell zitierten Newton'schen Briefes haben zu Schulden kommen lassen.

Der geinale Philologe und Kritiker Richard Bentley (geb. 27. Januar 1662 in Oultun bei Wakefield in Yorkshire, Sohn eines Hufschmieds) hatte im Jahr 1692 im Auftrag der Direktoren einer von dem berühmten Naturforscher Robert Boyle (geb. 1626 in Irland, Sohn des Grafen Richard von Cork) gemachten Stiftung acht Reden veröffentlicht, in denen er in sehr scharfsinniger und gründlicher Weise versucht hatte, den Atheismus zu widerlegen²⁸). Boyle, um diesen Zweck möglichst vollständig und in Übereinstimmung mit den Anschauungen eines Geistes zu erreichen, dessen gewaltige Größe die Mit- und Nachwelt bereitwillig als eine Zierde des Menschengeschlechts betrachtet hatte²⁹), wandte sich schriftlich mit verschiedenen Fragen an Newton, welche dieser in jenen vier Briefen beantwortete.

Alexander Dyce, der Herausgeber der unten zitierten Werke Bentley's, spricht sich ausführlicher hierüber in folgenden Worten aus:

»Die Boyle-Vorlesungen waren ursprünglich als besondere Publikationen herausgegeben, die ersten sechs im Jahre 1692. die letzten zwei im Jahre 1693 zu London, 40, und im letzteren Jahre wurde ihnen ein allgemeines Inhaltsverzeichnis voran geschickt. Die Torheit und Unvernünftigkeit des Atheismus demonstriert aus den Vorzügen und der inneren Befriedigung eines religiösen Lebens, aus den Fähigkeiten der menschlichen Seelen, aus der Struktur beseelter Körper und aus dem Ursprung und dem Bau des Weltgebäudes u. s. w. - In der vierten Ausgabe London 1699) machte der Verfasser verschiedene wichtige Verbes-

28 Works of Richard Bentley, D. D. collected and edited by the Rer. dierender Dyce. Land 1-3 VA. III. A comfidatim of Atheism. p. 1 bis p. 200. Als Appendix zu diesen Reden sind die Originale der vier Briefe Newton's an Bentley abgedruckt. *Four Letters from Sir Isaac Souton to Doctor Bentley: Containing some arguments in proof of a Deitye.* Die Originale dieser Briefe erschienen zuerst 1756, im Druck, in einer besonderen Broschüre. (Vgl. Anhang.) Sir David Brewster bemerkt hierüber in seinem *Life of Sir Isase Vertone* London 1831. *Family Library.* Vol. XXIV folgendes:

» *The originals of these four letters to Bentley were given by Dr. Richard Bentley to Cumberland, his nephew, and executor, while a student at Trinity College, and were printed by him in a separate pamphlet in 1756. This publication was received by Dr. Samuel Johnson in the Literary Magazine* Vol. I. p. 59. *See Johnson's Works* Vol. II. p. 325. The original Letters are preserved in Trinity College, to which society they are given by Cumherland a short time before his death. «« - Monk's *Life of Bentley*, p 33, Vote.«

Die Review Johnson's habe ich in dem oben zitierten *Literary Magazine* nicht gefunden, obschon ein kurzer Abriss von Newton's Leben dort zu finden ist. Die in Johnson's *Works* II. 328 gegebene Review ist sehr oberflächlich und enthält nur den Abdruck einzelner Stellen der Newton'schen Briefe, unter denen sich die von Faraday und Maxwell angezogenen Worte nicht befinden. Vgl. Anhang.

29 »... Sibi gratulentur mortales tale tantumque exitisse humani generis decus« ist auf Newton's Grabmal zu lesen.

serungen und Abänderungen.

Bevor Bentley die siebente und achte dieser Vorlesungen in die Druckerei sandte, richtete er verschiedene Briefe an Sir Isaac (damals noch Herr)Newton, welche sich auf die Anwendungen bezogen, die Bentley damals von den Entdeckungen dieses großen Denkers gemacht hatte. Die Antworten Newton's, zuerst publiziert von Richard Cumberland »Vier Briefe von Sir Isaac Newton an Doktor Bentley. Enthaltend einige Argumente für den Beweis vom Dasein eines göttlichen Wesens, London, 1756. 8o.«) sind gegenwärtig den Vorlesungen als Anhang beigefügt.« ^{*30)}

Die folgenden Stellen aus der siebenten Rede Bentley's (p. 162 ff. a. a. O.) werden ausreichend sein, um das große Missverständnis jener falschen Interpreten der Newton'schen Anschauungen von der Ursache der Gravitation und aller unvermittelten Fernwirkungen in ein helles Licht zu setzen.

Bentley bemerkt nämlich a. a. O. folgendes:

»Es ist völlig unbegreiflich, wie ein unbeseelter, toter Körper ohne die Vermittlung irgend eines immateriellen Wesens auf einen andern Körper ohne wechselseitige Berührung einwirken und ihn affizieren kann; wie räumlich getrennte Körper durch einen absolut leeren Raum auf einander wirken können, ohne Dazwischenkunft von noch etwas Anderem, wodurch die Wirkung von einem auf den andern Körper übertragen wird. Ich will nicht eine Sache, die an sich so klar und einleuchtend ist, durch eine Menge von Worten verdunkeln und verwirren, die von Allen zugegeben werden muss, die eine kompetente Fähigkeit des Denkens besitzen, und welche, ich sage nicht mit den Geheimnissen, sondern mit den ersten Prinzipien der Erkenntnistheorie vertraut sind. Ganz so verhält es sich nun mit der

XXXV

gegenseitigen Gravitation oder Attraktion nach unserm gegenwärtigen Sprachgebrauch; sie ist eine Tätigkeit, oder Energie, oder ein Einfluss, welchen räumlich getrennte Körper auf einander ausüben durch einen leeren Raum, ohne irgend welche effluvia, oder Ausdünstungen, oder ein anderes materielles Medium, durch welches jener Einfluss fortgeleitet oder übertragen wird. Diese Kraft kann daher nicht eine der Materie innewohnende und wesentliche Eigenschaft sein, und wenn dies nicht der Fall ist, so folgt hieraus mit größter Klarheit - da jene Eigenschaft weder von der Ruhe noch Bewegung, weder von der Gestalt noch Lage der Teilchen abhängig ist, was alles die Umstände sind, durch welche Körper ihre Verschiedenheit erlangen - dass jene Kraft niemals auf die Materie übergehen konnte, ohne ihr durch eine immaterielle und göttliche Macht eingepflanzt und eingehaucht zu sein.

Wir haben also bewiesen, dass die Kraft der wechselseitigen Gravitation, ohne Berührung oder Stoß, in keiner Weise der bloßen Materie beigelegt werden kann; und wenn dies dennoch der Fall wäre, so werden wir jetzt zeigen, dass sie alsdann völlig unfähig sein würde, aus einem anfänglichen Chaos die Welt zu bilden.

Wie aber nun, wenn sich zeigen lässt, dass wirklich eine solche Schwerkraft existiert, welche nicht der Materie als solcher zugeschrieben werden kann, und welche in der Konstitu-

30 Bentley's Works ed. Alex. Dyce. London 1838. Vol. III. Preface p. V-VI. Der Originaltext aller hier vorkommenden Stellen befindet sich am Schluss dieses Bandes.

*tion des gegenwärtigen Weltsystems wirksam ist? Dies würde ein neues und unwiderlegliches Argument für das Dasein eines göttlichen Wesens sein, indem es ein direkter und positiver Beweis ist, dass ein immaterieller lebender Geist die tote Materie lenkt und beeinflusst und das Weltgebäude erhält.«^{*31)}*

Offenbar hatte Bentley an Newton bei Eröffnung des Briefwechsels seine Absicht mitgeteilt, auch auf dem Gebiete der Naturwissenschaft einige Beweise für das Dasein einer göttlichen Allmacht ausfindig zu machen, denn Newton beginnt gleich den ersten seiner Briefe (d. d. Cambridge, Dezember. 10, 1692) mit folgenden Worten:

»Als ich mein Werk über unser Weltsystem schrieb, hatte ich mein Augenmerk auf solche Prinzipien gerichtet, welche bei denkenden Menschen den Glauben an ein göttliches Wesen bewirken mochten; und nichts kann mir eine größere Freude bereiten, als zu sehen, dass es in dieser Hinsicht von Nutzen gewesen ist. Wenn ich aber der Menschheit auf diese Weise einen Dienst erwiesen habe, so verdanke ich dies nichts Anderem, als dem Fleiß und einem geduldig ausharrenden Nachdenken.« p. 203.)

Im dritten Briefe Newton's an Bentley (d. d. Cambridge, Febr. 25, **XXXVII** 1696) kommt gleich im Anfange, als Antwort auf einen Brief Bentley's, die folgende Stelle vor :

» Im folgenden Teil Ihres Briefes stellen Sie vier andere Behauptungen auf, welche auf die sechs ersten gegründet sind. Die erste dieser vier Behauptungen scheint sehr einleuchtend, vorausgesetzt, dass Sie den Begriff der Attraktion in einem so allgemeinen Sinne nehmen, dass man darunter jede Kraft versteht, durch welche räumlich getrennte Körper bestrebt sind, zusammen zu kommen, ohne mechanischen Impuls.«³²⁾ (p. 211.)

31 Vgl. den Originaltext am Schluss dieses Bandes.

32 »any force by which distant bodies endeavour to come together without mechanical impulse . «

Bestimmter und unzweideutiger als durch diese Worte kann wohl schwerlich bewiesen werden, dass Newton die Gravitation als eine wirkliche durch den absolut leeren Raum (*Vakuum*) ohne materielle Vermittlung in die Ferne wirkende Kraft ansah. Dass nun aber eine solche tatsächlich vorhandene und durch die Erscheinungen bewiesene Beziehung zweier räumlich getrennten Körper notwendig durch irgend Etwas vermittelt sein muss, welches Etwas, wenn es nicht materiell ist, eben immateriell sein muss, das ist es, was Newton und Bentley übereinstimmend zu beweisen suchen. Es wird die Richtigkeit meiner Behauptungen noch deutlicher hervortreten, wenn ich hier die betreffenden Sätze aus Bentley's siebenter Rede und Newton's drittem Briefe im Originaltext zusammenstelle.

BENTLEY.

Sermon VII. p. 162 ff. 1. c

»And, secondly , 'tis repugnant to common sense and reason. 'This utterly inconceivable, that inanimate brute matter, without the mediation of some immaterial being, should operate upon and affect other matter without mutual contact; that distant bodies should act upon each other through a vacuum, without the intervention of something else, by and through which the action may be conveyed from one to the other. We will not obscure and perplex with multitude of words what is so clear and evident by its own light, and must needs be allowed by all that have competent use of thinking, are initiated into, I do not say the mysteries, but the plainest principles of philosophy. Now mutual gravitation or attraction, in our present acception of the words, is the same thing with this; 'tis an operation, or virtue, or influence of distant bodies upon each other through empty interval, without any effluvia, or exhalations, or other corporeal medium to convey or transmit it. This power, therefore, cannot be innate and essential to matter: and if it be not essential, it is consequently most manifest, since it doth not depend upon motion or rest, or figure or position of parts, which are all they ways that matter can diversify itself, that it could never supervene to it, unless impressed and infused it by an

NEWTON

Letter III. p. 211 ff. I. c.

»In the next part of your letter you lay down other positions, founded upon the six first. The first of these four seems very evident, supposing you take attraction so generally as by it to understand any force by which distant bodies endeavor to come together without mechanical impulse.....„The last clause of the second position I like very well. It is inconceivable, that inanimate brute matter should, without the mediation of something else, which is not material, operate upon and affect other matter without mutual contact, as it must be, if gravitation, in the sense of Epicurus, be and essential and inherent in it. And this is one reason why I desired you would not ascribe innate gravity to me. That gravity should be innate, inherent, and essential to matter, so that one body may act upon another at a distance through a vacuum without the mediation of any thing else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can fall into it. Gravity must be caused by an agent acting constantly according to certain laws; but whether this agent be material or immaterial, I have left to the consideration of my readers.«

immaterial and divine power.«

Dass Newton fast achtzehn Jahre früher, im Alter von 33 Jahren, gelegentlich auch auf eine Hypothese hingedeutet hat, durch welche mit Hilfe eines materiellen Mediums die allgemeine Gravitation erklärt werden könnte, geht aus einer Abhandlung hervor, welche er am 7. Dezember 1675 der Royal Society vorlegte, betitelt » *An hypothesis explaining properties of light*«. In dieser Abhandlung spricht Newton zum ersten Male seine Ansichten über einen allgemein verbreiteten Aether aus und wendet denselben zur Erklärung der Natur des Lichtes und der Ursache der Schwere an.

Vermöge seiner großen Elastizität und folglich seines Bestrebens, sich nach allen Richtungen hin auszudehnen, übt dieser Aether einen Druck auf sich selbst und daher auch gegen die festen Teile der Körper aus und ist bestrebt, dieselben von den dichteren nach den weniger dichten Stellen mit derjenigen Kraft zu treiben, welche wir Schwere nennen ³³).

XXXIX

Sehr beachtenswert ist aber die Bemerkung Newton's über die Veranlassung zu diesen Spekulationen. Er sagt in einem Briefe an Halley, d. d. 20. Juni 1686:

*»Ich wurde hierzu veranlasst, weil ich die Beobachtung gemacht hatte, dass die Köpfe einiger großen Virtuosen sehr auf Hypothesen versessen waren, weshalb ich eine gab, welche ich geneigt war, als die wahrscheinlichste zu betrachten, wenn ich überhaupt genötigt gewesen wäre, eine anzunehmen; sie mag nur als eine Vermutung betrachtet werden, der ich kein weiteres Vertrauen schenke.
Ich besitze so wenig Einbildungskraft für solche Dinge, dass ich glaube, mich Ihre Aufmunterung nicht dazu veranlasst hätte — ich würde niemals so viel Papier über dieselben beschrieben haben.«³⁴)*

33 David Brewster, *The life of Sir Isaac Newton*. London 1831, p. 305 ff.:

» This ethereal medium , according to our author , is exceedingly more rare and more elastic than air ...« » Owing to its great elasticity , and , consequently its efforts to spread in all directions , it presses against itself , and , consequently , against the solid particles of bodies , so as to make them continually approach to one another , the body being impelled from the denser parts of the medium towards the rarer with all that power which we call gravity. «

Wie man sieht, ist dies dieselbe Hypothese, durch welche Euler und Edlund die elektrischen Fernwirkungen der Körper vermittelst des Aethers zu erklären versuchen. Vgl. Berichte der Kgl. Sächs. Ges. d. W. 1872. Sitzung vom 1. Juli 1872, p 122 ff.

34 *An hypothesis explaining properties of light , in which he , for the first time , introduces his opinions respecting ether , and employs them to explain the nature of light and the cause of gravity . He was induced « he says » to this , because he had observed the heads of some great virtuosos to run much upon hypotheses , and he therefore gave one which he was inclined to consider as the most probable , if he were obliged to adapt one .« In a letter to Dr. Halley , dated June 20th 1686 Sir Isaac refers to this paper , and observes , that is only to be looked upon as one of his guesses that he did not rely upon . « Ib. p. 304. » , . he concludes by saying , that » he has so little fancy to things of this nature , that , had not your encouragement moved me to it , I should never , I think , thus far have set pen to paper about them . «*

Was aber würde Sir Isaac Newton sagen, wenn er heute, nach fast zweihundert Jahren, mitten unter seinen Landsleuten erschiene und die »großen Virtuosen«, und das »Papier« erblickte, welches über solche mechanische Hypothesen beschrieben worden ist und noch beschrieben werden wird!

Dass Newton in der Vorrede zu seinen Prinzipien durch Cotes ausdrücklich erklären lässt, er glaube zwar in der allgemeinen Gravitation der Materie die letzte und einfachste mechanische Ursache aller himmlischen Bewegungen entdeckt zu haben, dagegen befinde er sich noch in voller Unwissenheit über die dieser letzten mechanischen Ursache zu Grunde liegende, fernere Ursache, dies kümmert jene falschen Interpretieren des Newtonschen Briefes an Bentley nicht. Cotes aber hält es für selbstverständlich, dass von jener bis jetzt unbekanntem Ursache der gravierenden *actio in distans* überhaupt niemals eine mechanische Erklärung gegeben werden könne; er erklärt dies im Auftrage Newton's in absolut unzweideutiger Weise in folgenden Worten:

»Von der letzteren kann keine mechanische Erklärung gegeben werden; würde diese gegeben, so wäre die Ursache noch nicht die einfachste. Wird man deshalb diese einfachsten Ursachen verborgene nennen und dieselben verbannen wollen? Zugleich würden dann auch die unmittelbar von ihnen abhängenden und ebenso die weiter abhängenden Ursachen verbannt werden, bis die Naturlehre von allen Ursachen frei und gereinigt wäre.«³⁵⁾,

Nur bei gänzlicher Ignorierung dieser ausdrücklichen Erklärung Newton's, dass jeder Versuch, die Schwere oder überhaupt eine erfahrungsmäßig bewiesene *elementare* Fernwirkung materieller Teilchen, durch mechanische Ursachen, d. h. durch Vermittlung eines materiellen Mediums, zu erklären, einen logischen Widerspruch involviere, ist es erklärlich, dass Herr Helmholtz eine Hypothese Maxwell's für »sehr wichtig« hält, bei welcher

*»Herr Cl. Maxwell die Annahme von Fernkräften hat fallen lassen, und annimmt, dass die sämtlichen magnetischen elektrostatischen und elektrodynamischen Wirkungen durch Fortpflanzung molekularer Bewegungen und Kräfte, in einem den Raum ausfüllenden elastischen Medium in die Ferne übertragen werden.« **³⁶⁾*

Was aber nun für Vorstellungen und Annahmen über die Konstitution dieses »den Raum ausfüllenden elastischen Mediums« erforderlich sein würden. um jenen »sehr wichtigen« wissenschaftlichen Fortschritt möglich zu machen, darüber mögen uns gleichfalls die folgenden Worte von Helmholtz Aufschluss geben, in denen er die erwähnten Annahmen der Maxwell'schen Hypothese, die im Original sogar durch Abbildungen verdeutlicht sind, reproduziert:

» Es würde dazu ein System von Zellen mit elastischen Wänden und kugeligen Hohlräumen angenommen werden müssen, in denen elastische Kugeln rotieren können, die durch die Zentrifugalkraft abgeplattet werden. Zwischen ihnen müssten in

35 Newton's Prinzipien. Deutsche Ausgabe von Wolfers, p. 12.

36 Monatsberichte d. Kgl. Akad. zu Berlin. Sitzung vom 18. April 1872, p. 249.

den Wänden der Zellen selbst, wie Friktionsrollen, andere Kugeln von unveränderlichem Volumen liegen. Diese würden frei rotieren können, ihr Schwerpunkt aber in isolierenden Medien sich nur durch elastisches Nachgeben der Zellenwand verschieben, in leitenden Medien dagegen bei jeder Verschiebung einen einer Reibung in einer zähen Flüssigkeit ähnlichen Widerstand erleiden müssen. Die Übertragung der Bewegung zwischen diesen Kugeln würde nur durch Adhäsion ihrer Oberflächen aneinander geschehen. Verschiebung der zuletzt genannten Kugeln gibt die elektrische Polarisation des Medium, Fortströmen derselben einen elektrischen Strom; Rotation der elastischen Kugeln entspricht der Magnetisierung des Medium, die Rotationsachse ist die Richtung der magnetischen Kraft.«
 »In der Tat « fährt Herr Helmholtz fort, lässt sich aus der Annahme derjenigen Reaktionen der Volumenelemente des Äthers gegeneinander, welche Herr Maxwell angenommen hat, eine vollständige, und mathematisch sehr elegante Theorie der sämtlichen elektrischen, magnetischen, elektrodynamischen und Induktionserscheinungen entwickeln, und dieselbe Theorie gibt auch noch von den Erscheinungen des Lichtes Rechenschaft.«³⁷⁾

Derartige Vorstellungen sind es also, welche das wissenschaftliche Verständnis von Erscheinungen besser vermitteln sollen als die Annahme von fern-wirkenden Kräften, die nach dem Weber'schen Gesetze »nicht bloß von der Lage der betreffenden Massen, sondern auch von ihrer Bewegung abhängen«, als ob die »Reibung in einer zähen Flüssigkeit« nicht gleichfalls eine Kraft wäre, welche nicht bloß von der Lage der betreffenden Massen, sondern auch von ihrer Bewegung abhinge! Um aber solche Annahmen, wie sie der obigen von Maxwell aufgestellten Hypothese zu Grunde liegen, für »sehr wichtig« zu halten, dazu ist es notwendig, alle seit Newton in der Astronomie, Physik und Chemie gemachten Errungenschaften einfach zu ignorieren und sich in das Zeitalter der Cartesianischen Wirbeltheorien zu versetzen.

Über solche Hypothesen hat bereits Newton vor 163 Jahren den Stab gebrochen, indem er durch Cotes in der Vorrede zu seinen Prinzipien wörtlich erklärt:

»Qui speculationum suarum fundamentum desumunt ab hypothesibus , etiamsi deinde secundum leges mechanicas accuratissime procedant , fabulam quidem elegantem forte et venustam , fabulam tamen concinnare dicendi sunt . « (p. XVI.)

XLII

Dass solche physischen Hypothesen die Erkenntnis direkt nicht fördern, sondern nur verwirren, trotzdem aber in mathematisch hochbegabten Köpfen ausgebrütet werden können, beweisen gerade die Wirbeltheorien des Cartesius, des berühmten Erfinders der analytischen Geometrie. Aber schon die nächste Generation der heranwachsenden Physiker wird über die Erzeugnisse unseres modernen Cartesianismus ebenso urteilen, wie Whewell über das System der alten Cartesianer, indem er sagt:

»Es wird unnötig sein, hier von der völligen Grundlosigkeit dieses Systems in Beziehung auf dessen mechanische Haltbarkeit und auf die Übereinstimmung desselben mit den Beobachtungen zu sprechen. Seine allgemeine Aufnahme, und

37 Monatsberichte d. Kgl. Akademie zu Berlin. Sitzung vom 18. April 1872, p. 249, p. 247. ZÖLLNER , Elektrodynamische Theorie der Materie.

sein zeitliches Ansehen, selbst zuweilen bei sehr verständigen, der Mathematik wohl-kundigen Männern, sind die merkwürdigsten Ereignisse, deren es sich rühmen kann.«³⁸⁾

Wenn die vorangegangenen Betrachtungen jeden Zweifel darüber zerstreut haben, dass Newton die allgemeine Gravitation als eine wirkliche, durch kein materielles Band oder materielles Medium vermittelte Fernwirkung der Materie betrachtet, so lässt sich auch zeigen, dass er hinsichtlich der Molekular-Konstitution der Körper vollkommen auf dem Boden der Atomistik stand im direkten Gegensatz zu der von W. Thomson und Maxwell vertretenen kontinuierlichen Raumerfüllung der Materie.

Sir David Brewster erläutert a.a.O durch wörtliche Zitate aus den Werken Newton's diese Anschauungen in folgenden Worten, deren Originaltext im Anhang mitgeteilt ist:

„Bei der Erklärung der Struktur der festen Körper ist Newton der Meinung:

»...dass die kleinsten Teilchen der Materie durch die größten Anziehungskräfte zusammengehalten werden und Größere Teilchen von schwächerer Kraft bilden; viele von diesen Teilchen bilden durch Kohäsion noch Größere Teilchen, deren Kraft noch schwächer ist; und so fort in verschiedener Stufenfolge bis diese Progression in den größten Teilchen, von welchen die chemischen Vorgänge, die Farben der Naturkörper, abhängen, ihr Ende erreicht und welche dann durch Adhäsion mit einander verbundene Körper von wahrnehmbarer Größe bilden.«³⁹⁾

38 Whewell, Geschichte der induktiven Wissenschaften, II., p. 137. Littrow.)

39 Es geht hieraus deutlich hervor, dass Newton die Existenz *unsichtbarer* Teilchen von *nicht* wahrnehmbarer Größe annimmt, durch deren Aggregate erst die wahrnehmbaren Teilchen entstehen, eine Annahme, deren Zulässigkeit auch wohl niemals ein denkender Naturforscher bezweifelt hat. Nur den Landsleuten Sir Isaac Newton's blieb es vorbehalten, durch zwei Männer, welche heute als Interpreten seiner Anschauungen auftreten, diese Annahme als eine „Unheil stiftende“ zu bekämpfen und sie in die vierte Klasse von Hypothesen zu degradieren, welche »in Wirklichkeit doch eher als schädlich denn als nützlich angesehen werden müssen«.

Sir William Thomson und P. G. Tait erklären in ihrem »*Handbuch der theoretischen Physik*«, {„autorisierte deutsche Übersetzung von Dr. H. Helmholtz und G. Wertheim, Braunschweig 187!“ S 385 wörtlich:

»Ein anderes Beispiel dieser Art ist die Emissionstheorie des Lichtes, welche eine Zeit lang großes Unheil stiftete, und die sich nur hätte rechtfertigen lassen, wenn ein Lichtkörperchen wirklich wahrgenommen und untersucht worden wäre. Da solche Spekulationen zwar gefährlich, aber interessant und, wie z. B. Weber's Theorie, oft sehr elegant sind, so werden wir darauf in den entsprechenden Kapiteln zurückkommen.«

Ich hatte diese Forderung der beiden englischen Physiker in meinem Buch *Über die Natur der Cometen* usw. p. LIII als Folge eines »*grogen Denkfehlers*« bezeichnet, weil, »...wenn in uns erst durch Berührung der Lichtkörperchen mit unseren Nerven die Empfindung des Lichtes erzeugt wird, gleichgültig ob dies durch Oszillationen des Aethers oder direkt durch fortgeschleuderte Körperchen geschieht es offenbar unmöglich ist, ein solches Lichtkörperchen, bevor es unsere Sehnerven berührt oder affiziert hat, überhaupt durch das Auge wahrzunehmen«.

Hr. Helmholtz versucht in der Vorrede zum 2. Teil der deutschen Ausgabe jenes Handbuchs S. X (1874) die englischen Autoren gegen diesen Vorwurf zu verteidigen, indem er mir erwidert :

» Muss ich einem Manne, der so viel sicherer in den Elementen der Erkenntnistheorie zu sein glaubt, als seine Gegner, noch erst auseinandersetzen, dass ein Objekt sehen, im Sinne der Emanationstheorie, heißt, die Lichtkörperchen in das Auge aufnehmen und empfinden, die von jenem Objekt abgeprallt sind ?«

Abgesehen davon, dass nach dieser Definition die selbstleuchtenden Körper nach der Emissionstheorie unsichtbar sein müssten, da von diesen keine Lichtkörperchen »abprallen«, sondern ausgesandt werden, so gibt Hr. Helmholtz

»»Wenn der Körper ein fester ist, und innerlich dem Drucke widersteht oder nachgibt, ohne Gleitung seiner Teile, so ist er hart oder elastisch, indem er zu seiner ursprünglichen Gestalt wieder zurückkehrt, welche aus der gegenseitigen Attraktion seiner Teile entspringt. Wenn die Teile aneinander gleiten, so ist der Körper schweißbar oder weich. Wenn dieselben leicht übereinander hingleiten und von einer geeigneten Größe sind, um durch die Wärme in Bewegung gesetzt werden zu können und die Wärme groß genug ist, sie in dieser Bewegung zu erhalten, so ist der Körper flüssig; und er hierbei die Fähigkeit besitzt, an andern Körpern zu haften, so ist er feucht, und die Tropfen einer jeden Flüssigkeit nehmen eine runde Gestalt an durch die gegenseitige Attraktion ihrer Teile, wie die Erdkugel und das Meer eine runde Gestalt durch die gegenseitige Anziehung seiner Teile vermöge der Gravitation annimmt.««

implizit in seinem Satz die Richtigkeit meiner Behauptung zu. Denn » Lichtkörperchen in das Auge aufnehmen und empfinden« heißt eben nicht » Lichtkörperchen sehen«, eben so wenig wie man eine Hand sieht, welche einem im Finstern einen Schlag in's Auge versetzt. Durch den Reiz des Sehnerven und durch ein Druck- und Schmerzgefühl empfinden wir die Hand, aber wir sehen die Hand nicht.

Es liegt eben ein »grober Denkfehler« in der Forderung, dasjenige Medium selber wahrzunehmen, was man zur Erklärung der Wahrnehmung und Vermittlung entfernter Objekte mit unseren Sinnen hypothetisch vorausgesetzt hat. Denn könnte man wirklich dieses Medium selber wahrnehmen, so müsste man zur Erklärung dieser Wahrnehmung aus denselben Gründen wieder ein zweites Medium zur Vermittlung dieser Wahrnehmung annehmen, und so fort *in infinitum*.

Es ist jedenfalls sehr bemerkenswert, dass in der Forderung, ein Lichtkörperchen wahrzunehmen und zu untersuchen, derselbe Denkfehler enthalten ist, wie in der Hypothese zur Erklärung des Ursprungs der Organismen auf der Erde durch Übertragung organischer Keime vermittelt der Meteorsteine als Bruchstücke eines andern Weltkörpers (» *moss - grown fragments from the ruins of another world* «.- W. Thomson.). Nur der noch unentwickelte Verstand eines Kindes kann sich bei einer solchen Hypothese beruhigen, ähnlich wie bei Beantwortung der kindlichen Frage, woher das neugeborene Brüderchen oder Schwesterchen gekommen sei. Die Mutter befriedigt den kindlichen Kausalitätstrieb durch die Antwort: »*der Storch hat's gebracht*« in der richtigen Voraussetzung, das Kind werde nicht weiter fragen, von wem und woher der Storch die Kinder erhalte. Diese oder ähnliche einfache Reflexionen sind es offenbar gewesen, welche das » *scientific* « und » *unscientific people*« in England mir gegenüber zu der öffentlichen und privaten Erklärung veranlassten, Sir William Thomson habe sich auf der Naturforscher-Versammlung in Edinburgh (1971) nur einen Scherz erlaubt, als er jene beiden Hypothesen aussprach.

In der »*Nature*, July 4. 1872. p. 178« erklärt ein anonymer, humoristischer Rezensent meines Buches *Über die Natur der Cometen* ganz bestimmt:

» *The celebrated* » *moss - grown fragments from the ruins of another world* *w was a joke taken in earnest by many even in this country ; so we can hardly blame Prof. Zöllner for falling into the trap ;* «

und ebenso in Bezug auf die Wahrnehmbarkeit der Lichtkörperchen in § 385 des Handbuchs der theoretischen Physik von Thomson und Tait: „ *It is true there is a jokelet in this (now) celebrated section , something about catching a luminous corpuscule and examining it .* «

Leider sind wir Deutsche gegenwärtig nicht mehr in einer so glücklichen Lage, den wissenschaftlichen Ruf einer unsrer Celebritäten durch Desavouierung dieser Behauptungen in Schutz nehmen zu können. Denn Hr. Helmholtz hat ernsthaft die Priorität einer der beiden obigen Hypothesen für sich in Anspruch genommen, indem er im Dezember 1873 erklärt:

» *Ich hatte dieselbe Ansicht als eine mögliche Erklärungsweise der Übertragung von Organismen durch die Welträume sogar noch etwas früher als Herr W. Thomson in einem im Frühling desselben Jahres zu Heidelberg und Köln gehaltenen, aber noch nicht veröffentlichten Vortrage erwähnt.*“ (Vorrede zum 2. Teil des ersten Bandes zur *theoretischen Physik* von W. Thomson und P. G. Tait p. XI.)

Der angedeutete Vortrag ist nun vor wenigen Wochen unter dem Titel » Über die Entstehung des Planetensystems« erschienen und hierin die obige Verteidigung in einem Zusatz ausführlich wieder abgedruckt, zum Beweise, dass Hr. Helmholtz die fragliche Hypothese in vollem Ernste genommen hat (- *had taken in earnest* —) und die Annahme eines Scherzes (*joke* , *jokelet*) definitiv ausgeschlossen ist. Vgl. Populäre wissenschaftliche Vorträge von H. Helmholtz. · Drittes Heft. Braunschweig 1876. S. 138.

Sir Isaac setzt ferner voraus, dass, da die attraktive Kraft der Körper nur bis zu einem kleinen Abstand von ihnen reichen kann, »» alsdann eine repulsive Kraft folgen muss «« (*a repulsive virtue ought to succeed*); er folgert eine solche Kraft aus der Reflexion der Lichtstrahlen, indem die Strahlen ohne unmittelbaren Kontakt des reflektierenden Körpers zurückgestoßen werden (*the rays being repelled without the immediate contact of the reflecting body*), und ebenso muss ein Strahl bei der Emission des Lichtes, sobald er von einem leuchtenden Körper durch die vibrierende Bewegung der Körperteilchen ausgesandt ist und die Grenze der Attraktionskraft erreicht hat, mit einer außerordentlich großen Geschwindigkeit durch die Reflexionskraft fort-getrieben werden.«⁴⁰⁾

XLV

Bestimmter und unzweideutiger als durch diese Worte kann wohl schwerlich der Beweis geführt werden, dass Newton »durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte« zur Erklärung der Naturphänomene wirklich angenommen hat.

Es zeugt daher nur von einem gänzlichen Mangel an Kenntnis der Werke Newton's, wenn Herr E. du Bois-Reymond in der Nachahmung der von Sir W. Thomson und Cl. Maxwell zuerst ausgesprochenen Ansichten die Behauptung aufstellt:

»Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind an sich unbegreiflich, ja widersinnig, und erst seit Newton's Zeit durch Missverstehen seiner Lehre und gegen seine ausdrückliche Warnung, den Naturforschern eine geläufige Vorstellung geworden.«

Dass Newton für die in die Ferne wirkenden Kräfte wie die Gravitation, die Elektrizität und den Magnetismus noch eine fernere Ursache annimmt, aber keine mechanische, sondern nur eine immaterielle Ursache, ist oben ausführlich erörtert worden. Die folgenden Stellen aus dem dritten Buche seiner Prinzipien (Deutsche Ausgabe von Wolfers S. 511) mögen den Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung vervollständigen:

»Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und die Bewegungen des Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber ich habe nirgends die Ursache der letzteren angegeben. Diese Kraft rührt von irgend einer Ursache her, welche bis zum Mittelpunkte der Sonne und der Planeten dringt, ohne irgend etwas von ihrer Wirksamkeit zu verlieren. Sie wirkt nicht nach Verhältnis der Oberfläche derjenigen Teilchen, worauf sie einwirkt, wie die mechanischen Ursachen, sondern nach Verhältnis der Menge fester Materie, und ihre Wirkung erstreckt sich nach allen Seiten hin bis in ungeheure Entfernungen, indem sie stets im doppelten Verhältnis der letzteren abnimmt.«

»Es würde hier der Ort sein, etwas über die geistige Substanz hinzuzufügen, welche alle festen Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist. Durch die Kraft und Tätigkeit dieser geistigen Substanz ziehen sich die Teilchen der Körper wechsel seitig in den kleinsten Entfernungen an und haften aneinander, wenn sie sich berühren. Durch sie wirken die elektrischen Körper in den größten Entfernungen. sowohl um die nächsten Körperchen anzuzie-

40 Vgl. den Originaltext am Schluss dieses Bandes : »Newton als Vertreter der Atomistik und einer materiell unvermittelten Fernwirkung der Materie«.

hen, als auch sie abzustoßen. Mittelst dieses geistigen Wesens strömt das Licht aus, wird zurückgeworfen, gebeugt, gebrochen und erwärmt die Körper. Alle Gefühle werden erregt und die Glieder der Tiere nach Belieben bewegt durch die Vibrationen desselben, welche sich von den äußeren Organen der Sinne mittelst der festen Fäden der Nerven bis zum Gehirn und hierauf von diesem zu den Muskeln fortpflanzen. Diese Dinge lassen sich aber nicht mit wenigen Worten erklären, und man hat noch keine hinreichende Anzahl von Versuchen, um genau die Gesetze zu bestimmen und beweisen zu können, nach welchen diese allgemeine geistige Substanz wirkt.«⁴¹⁾

»Die blinde metaphysische Notwendigkeit, welche stets und überall dieselbe ist, kann keine Veränderung der Dinge hervorbringen; die ganze in Bezug auf Zeit und Raum herrschende Verschiedenheit aller Dinge kann nur von den Vorstellungen und dem Willen eines notwendig existierenden Wesens herrühren.«⁴²⁾

Newton war also nicht so glücklich oder unglücklich wie der Marquis de Laplace, der ein Jahrhundert später auf die Frage Napoleon's, weshalb das Wort 'Gott' in seiner *Mecanique céleste* nicht vorkomme, die Antwort gab:

» Sire , je n'avais pas besoin de cette hypothèse . «

Es spiegelt sich aber dieser intellektuelle Unterschied zwischen Newton und Laplace hinsichtlich ihres metaphysischen Bedürfnisses den Naturerscheinungen gegenüber in sehr bedeutsamer Weise auch in ihrem moralischen Verhalten den Menschen gegenüber *⁴³⁾.

XLVIInungen gegenüber in sehr bedeutsamer Weise auch in ihrem moralischen Verhalten den Menschen gegenüber *⁴³⁾.

41 Newton, *Philosophiae naturalis Principia mathematica* . Lib. III. Scholium generale . Ed. III. Le Seur & Jacquier. Genevae 1742. p. 676.

» Huctenus phaenomena caelorum et maris nostri per vim gravitatis exposui , sed causam gravitatis nondum assignavi . Oritur utique haec vis a causa aliqua , quae penetrat ad usque centra solis et plane tarum , sine virtutis diminutione ; quaeque agit non pro quantitate superficierum particularum , in quas agit , (ut solent causae mechanicae) , sed pro quantitate materiae solidae ; et hujus actio in immensas instantias undique extenditur , decrescendo semper in duplicata ratione distantiarum .

Adjustiere jam liceret nonnulla de spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente , et in iisdem latente ; cujus vi et actionibus particulae corporum ad minimas distantias se mutun attrahunt , et con signae fuctue cohaerent : et corpora electrica agunt ad distantias majores , tum repeliendo quam utru hendo corpuscula vicina ; et lux emittitur , reflectitur , refringitur , inflectitur et corpora calefucit ; et sensatio omnis excitatur , et membra animulium ad voluntatem moventur , vibrationibus scilicet hujus spiritus per solida nervorum capillamenta ab externis sensuum organis ad cerebrum et a cerebro in musculos propagatis . Sed haec paucis exponi non possunt ; neque adest sufficiens copia experimentorum , quibus leges actionum hujus spiritus accurate determinari et monstrari debent . «

42 Ibid. p. 675. » A caeca necessitate metaphysica , quac utique eadem est semper et ubique , nullu oritur rerum variatio . Tota rerum conditarum pro locis ac temporibus diversitas , ab ideis et volun tate entis necessario existentis solummodo oriri potuit . «

43 Interessant ist das Folgende, was Littrow in der deutschen Übersetzung von Whewell's Geschichte der induktiven Wissenschaften, Bd. II, p. 269 ff., über den Anfang und das Ende des Lebens von Laplace mitteilt:

» Seine ersten Lorbeeren sammelte er sich in der Theologie, wo er die schwersten Kontrovers-punkte mit dem größten Scharfsinn zu behandeln wusste.«...

» Im Anfange der Krankheit, die sein Leben endete, bemerkte man öfter ein Irrereden über astronomische Gegenstände, als ob er in den Sitzungen der Akademie einen Vortrag halten wollte. Als an seinem Sterbetage die um ihn stehenden Freunde seiner großen Entdeckungen gedachten, soll er bitter lächelnd geantwortet haben: »Ce que nous connaissons , est peulle chose , mais ce que nous ignorons est immense, au Wenige Stunden darauf verschied er.«

Während Newton im Jahre 1687 die Rechte seiner Universität gegen Eingriffe des Königs James II. mit männlicher Entschlossenheit siegreich verteidigte, weigerte sich Laplace im Jahre 1825 den Präsidentenstuhl in der französischen Akademie einzunehmen, als die Mitglieder des Institutes eine an Karl X. zu erlassende Bittschrift für Abschaffung der Zensur diskutierten. Newton war also ein Charakter mit der Devise: »Demut vor Gott, aber Stolz vor den Menschen«, während Laplace durch seine Handlungen und Worte die entgegengesetzte Gesinnung verriet.

Solche Charaktere, wie Laplace auf intellektuellem Gebiete, beobachtet man auch im politischen Leben, aber auf beiden Gebieten besitzen sie das übereinstimmende Merkmal eines starken Glaubens an ihre eigene Unfehlbarkeit und einer absoluten Richtigkeit ihrer eigenen Meinung, deren Ungebundenheit sie nach Oben durch die Forderung einer » vollen Freiheit«, nach Unten durch den Anspruch auf „Tyrannei des Gedankens« betätigen. Solche Männer sind auch in unseren Tagen noch jederzeit bereit, neue Wahrheiten durch den Staatsanwalt« oder »die Zelle im Irrenhaus« unschädlich zu machen, wenn ihnen unsre Gesetze die Macht und die Mittel hierzu nicht verweigerten.

Auch der Marquis de Laplace begnügte sich nicht damit, nur für seinen eigenen Verstand die Notwendigkeit der Hypothese von der Existenz eines göttlichen Wesens in Abrede zu stellen, sondern hielt sich auch für berechtigt, die Notwendigkeit einer solchen Hypothese für den Verstand eines Newton zu *)

XLVIII bestreiten, und daher ganz folgerichtig die religiösen Anschauungen Newton's als Ausfluss einer Verstandesschwäche oder eines Gemütsleidens (»insanity«, »alienation of mind«) zu erklären.

Da auch in unseren Tagen solche Erklärungsversuche von Naturforschern gegenüber einer vom Gewöhnlichen abweichenden Denkungsart einiger ihrer Zeitgenossen mehrfach angestellt worden sind, so habe ich es nicht für unzweckmäßig gehalten, Sir David Brewster's nachdrückliche, auf umfassende Dokumente gestützte, Verteidigung Newton's gegen derartige Insinuationen von Laplace im Originaltext am Schluss dieses Bandes mitzuteilen.

Je mehr ich Gelegenheit habe, die Menschen aus eigener Erfahrung kennen zu lernen, desto mehr wächst mein Erstaunen über die Widersprüche, welche die Natur in ihren Charakteren zu einer scheinbaren Einheit verschmolzen hat. Ist es z. B. verständlich, wie ein Mann nur fünf Monate vor seiner Rede »über die Grenzen des Naturerkennens«, in welcher er mit der Demut eines Naturforschers den Hochmut

eines Orthodoxen widerspruchsfrei zu vereinigen sucht*⁴⁴), die folgenden Worte niederschreiben konnte ?

»Wir sind das Spiel unserer Gehirnmolekeln. Ich habe in meinem Leben einige gute Einfälle gehabt, und mich manchmal dabei beobachtet. Sie kamen völlig unwillkürlich, ohne dass ich einmal an die Dinge dachte. Sichtlich fielen die Molekeln mit einemmal in die gesuchte Lage.«

*) XLIX

Dass das letzte Wort jener so künstlich gefügten Rede, nämlich das von vielen Gläubigen mit Beifall begrüßte » *Ignorabimus* « notwendig auch ein » *Infallibilis sum* « involviren muss, wenn es überhaupt eine Bedeutung haben soll, das haben der Redner und mit ihm jene frommen Seelen vollkommen übersehen. Denn das Futurum von » *Ignorare*«, insofern es den Ausdruck der Bescheidenheit und der erkannten Beschränktheit des menschlichen Verstandes enthalten soll, birgt einen Widerspruch in sich, indem ja dieser Verstand selber, seiner behaupteten Beschränktheit wegen, gar nicht über zukünftige Zustände auf beliebige Zeit hinaus urteilen könnte, folglich auch nicht über seine eigenen Zustände, die als »Spiel der Gehirnmolekeln« nur »der

44 Emil du Bois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens. Ein Vortrag in der zweiten öffentlichen Sitzung der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Leipzig am 14. August 1872.

» Je unbedingter aber der Naturforscher die ihm gesteckten Grenzen anerkennt, und je demütiger er in seine Unwissenheit sich schickt, um so tiefer fühlt er das Recht, mit voller Freiheit, unbeirrt durch Mythen, Dogmen und alterstolze Philosopheme, auf dem Wege der Induktion seine eigene Meinung über die Beziehungen zwischen Geist und Materie sich zu bilden. (p. 29.)

In Bezug auf das Rätsel der Körperwelt ist der Naturforscher längst gewöhnt, mit männlicher Entschlossenheit sein » *Ignoramus* « auszusprechen. Im Rückblick auf die durchlaufene siegreiche Bahn, trägt ihn dabei das stille Bewusstsein, dass, wo er jetzt nicht weiß, er wenigstens unter Umständen wissen könnte, und dereinst vielleicht wissen wird. In Bezug auf das Rätsel aber, was Materie und Kraft seien, und wie sie zu denken vermögen, muss er ein- für allemal zu dem viel schwerer abzugebenden Wahrspruch sich entschließen: » *Ignorabimus !*« (p. 34). Mit vollkommen demselben Rechte kann man auch behaupten, es sei für den menschlichen Verstand für immer unmöglich, zu begreifen, wie man aus einem Holzklötzchen ein eisernes Schwert anfertigen könne. Eine solche Forderung an unseren Verstand wäre aber der Frage eines Kindes vergleichbar, welches stets nur mit hölzernen Schwertern gespielt und bisher deren Anfertigung nur aus Baumstämmen wahrgenommen hat, und daher beim ersten Anblick eines eisernen Schwertes nicht begreifen kann, wie man ein solch gefährliches, *eisernes* Ding aus *Holz* herstellen könne. Dass die Unlösbarkeit dieses Problems nicht in einer » Grenze unseres Naturerkennens«, sondern in der Unvollkommenheit des kindlichen Verstandes liegt, indem das Kind nicht den logischen Widerspruch in der an unsern Verstand gestellten Forderung bemerkt, sich ein Objekt mit zwei einander ausschließenden Attributen zu denken, das wird jenem Kind erst später klar, wenn sein Verstand reicher entwickelt ist und es Geschmack an Kant's *Kritik der reinen Vernunft* findet, worin derselbe ausdrücklich erklärt: »*Wir werden also der Verbindlichkeit einer wenigstens kritischen Auflösung der vorgelegten Vernunftfragen dadurch nicht ausweichen können, dass wir über die engen Schranken unserer Vernunft Klagen erheben und mit dem Scheine einer demutsvollen Selbsterkenntnis bekennen, es sei über unsere Vernunft.*« (Kritik d. reinen Vernunft. S. 366 ed. Hartenstein.)

»*Es braucht nicht gesagt zu werden, dass der menschliche Geist von dieser vollkommenen Naturerkenntnis stets weit entfernt bleiben wird.*« (p. 5.)

von Laplace gedachte Geist durch geeignete Diskussion seiner Weltformel« *⁴⁵) für alle zukünftigen Zeiten zu erkennen im Stande wäre.

Um den Unterschied zwischen dem affektierten Ausdruck der Bescheidenheit eines modernen Naturforschers mit dem Futurum von *Ignorare*, und der tief und wahr empfundenen Bescheidenheit eines wahrhaft großen Geistes mit dem Präsens von *Ignorare*, auf's Deutlichste hervortreten zu lassen, mögen hier die Worte Newton's folgen, welche er kurze Zeit vor seinem Tode ausgesprochen hat:

*) L

»Ich weiß nicht, (*ignoro*) als was ich der Welt dereinst erscheinen werde; aber ich selbst komme mir nur wie ein am Meeresstrand spielender Knabe vor, welcher zu seiner eignen Unterhaltung hier und da einen glatteren Kieselstein oder eine schönere Muschel als gewöhnlich findet, während der große Ozean der Wahrheit ganz unentdeckt vor meinen Blicken liegt.« ⁴⁶)

Samuel Johnson, ein unsteter englischer Publizist und Polyhistor (1709–1784), bemerkt z.B. bezüglich des Hauptthemas dieser Briefe:

»Die Hauptfrage dieser Briefe gibt zu der Beobachtung Veranlassung, wie selbst im Geiste Newton's die Umnachtung nach und nach um sich greift.« ⁴⁷)

Dieses souveräne und mit der Maske menschlicher Teilnahme verhüllte Absprechen über Dinge, mit denen man sich nicht beschäftigt hat oder zu deren Verständnis die

45 E. du Bois-Reymond sagt (S. 4 u. 5 a.a.0) so könnte der von Laplace gedachte Geist durch geeignete Diskussion seiner Weltformel uns sagen, wer die Eiserne Maske war oder wie der »Präsident« zu Grunde ging. Wie der Astronom den Tag vorhersagt, an dem nach Jahren ein Komet aus den Tiefen des Weltraumes am Himmelsgewölbe wieder auftaucht, so ließe jener Geist in seinen Gleichungen den Tag, da das griechische Kreuz von der Sophienmoschee blitzen oder da England seine letzte Steinkohle verbrennen wird. Setzte er in der Weltformel $t = -00$, so enthüllte sich ihm der rätselhafte Urzustand der Dingea. »Ließe er t im positiven Sinn unbegrenzt wachsen, so erführe er, ob Carnot's Satz erst nach unendlicher oder schon nach endlicher Zeit das Weltall mit eisigem Stillstand bedroht.«

»Was für eine Lehre für die Eitelkeit und Anmaßung unserer Gelehrten« ruft Sir David Brewster bei diesen Worten aus — besonders für diejenigen, welche obendrein niemals einen glatteren Kieselstein oder eine schönere Muschel gefunden haben! Was für eine Vorbereitung für die entlegensten Forschungen und die letzten Aussichten des scheidenden Geistes — für jene inspirierten Erkenntnisse, welche allein im Stande sind, ein Licht auf den dunklen Ozean der unentdeckten Wahrheit zu werfen !«

Und dennoch halten sich Männer, welche selber niemals solche Steine und Muscheln wie Newton gefunden haben, im unerschütterlichen Bewusstsein der Überlegenheit ihres eigenen Verstandes für berechtigt, die von Newton in seinen Briefen an Bentley diskutierten Fragen über die Existenz Gottes als Zeichen einer beginnenden Umnachtung seines Geistes zu betrachten.

46 » I do not know what I may appear to the world ; but to myself I seem to have been only like a boy playing on the sea - shore , and diverting myself in now and then finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary , whilst the great ocean of truth lay all undiscovered before me . «

Brewster fährt hierauf fort: » What a lesson to the vanity and presumption of philosophers , those especially who have never even found the smoother pebble or the prettier shell ! What a preparation for the latest inquiries , and the last views of the decaying spirit , for those inspired doctrines which all one can throw a light over the dark ocean of undiscovered truth! D. Brewster's *Life of Newton* p. 338 ff.

47 *The Works of Samuel Johnson* . London 1796. Vol. II, p. 328 ff. *Review of* » Four letters from Sir Isaac Newton to Dr. Bentley , containing some arguments in proof of a Deity . « » The principal question of these Letters gives occasion to observe however the mind of Newton gains ground gradually upon darkness . «

Geisteskräfte jener allezeit schlagfertigen Kritiker nicht ausreichend sind, ist gleichfalls in unseren Tagen in voller Blüte. Indessen gibt uns Newton auch hier ein Vorbild, wie solche Menschen zu behandeln sind. Jedes mal, wenn Halley (1656 — 1724) sich unterstand, irgend etwas Verletzendes gegen die religiösen Überzeugungen Newton's zu äußern, wies er ihn mit der stereotypen Bemerkung ab:

»Ich habe mich mit diesen Dingen eingehend beschäftigt, Sie haben das nicht getan.«⁴⁸).

Wenn es aber eine durch die Erfahrung vieler Jahrtausende bewiesene und daher nicht mehr zu bezweifelnde Tatsache ist, dass die erdrückende Majorität unseres Geschlechtes allein im Besitze des sogenannten »gesunden Menschenverstandes« zu sein glaubt, und Cartesius Recht hat, wenn er behauptet, der Verstand sei das am gerechtesten unter den Menschen verteilte Gut⁴⁹), da jeder den auf ihn gefallenen Anteil für vollkommen ausreichend hält, so dass sogar schon der bescheidenste Zweifel hieran als Verletzung empfunden wird, so müssen notwendig jene seltenen Exemplare von Menschen, deren Verstand mit seinem Lichte Jahrtausende zu erhellen vermag, ihren Zeitgenossen als »Ungesunde« (*insani*) und als „Fremdlinge« (*alieni*) erscheinen.

Diese Fremdlinge selber aber muss zuweilen ein ähnliches Gefühl beschleichen, wie den abenteuerlichen Simplicissimus⁵⁰), als er, in der Meinung, sich unter seines Gleichen und unter Christen zu befinden, dem Schmerze seiner Enttäuschung vor 200 Jahren in folgenden Worten Ausdruck verliehen hat:

» Als ich nun vermeinte, ich hatte Ursache zu zweifeln, ob ich unter Christen wäre oder nicht, ginge ich zu dem Pfarrer und erzählte alles, was ich gehört und gesehen, auch was ich für Gedanken hatte, nämlich dass ich die Leute nur für Spötter Christi und seines Worts und vor keine Christen hielte, mit Bitte, er wolle mir doch aus dem Traum helfen, damit ich wisse, wofür ich meine Nebenmenschen halten sollte. Der Pfarrer antwortet: »Freilich sind sie Christen, und wollt ich Dir nicht raten, dass du sie anders nennest.« »Mein Gott!« sagte ich, »wie kann es sein? Dann wenn ich einem oder dem andern seinen Fehler, den er wider Gott begeht, verweise, so werde ich verspottet und ausgelacht.««



»» Dessen verwundere dich nicht, antwortet der Pfarrer; »ich glaube, wenn unsere erste fromme Christen, die zu Christi Zeiten gelebt, ja die Apostel selbst anjetzo auferstehen und in die Welt kommen sollten, dass sie mit dir eine gleiche Trag thun und endlich auch so wohl als du von jedermanniglich vor Warren gehalten würden; das was du bisher siehst und hörst, ist eine gemeine Sache und nur Kinderspiel ge=

48 When Dr. Halley ventured to say any thing disrespectful to religion , he invariably checked him , and said , " I have studied these things , you have not . « (Professor Rigaud of Oxford heard this anecdote from Dr. Maskelyne.) Cf. Brewster, p. 339.

49 René Descartes' philosophische Werke. (Deutsch v. Kirchmann.) I. Abth. S. 20.

50 Der abenteuerliche Simplicissimus von H. J. C. v. Grimmelshausen. Erster Teil. Cap. 26. Herausgegeben von Julius Tittmann. Leipzig 1874.

gen demjenigen, das sonst so heimlich als öffentlich und mit Gewalt wider Gott und den Menschen vorgeht und in der Welt verübet; aber lass dich das nicht ärgern! Du wirst wenig Christen finden, wie Herr Samuel fel. einer gewesen ist.«⁵¹⁾

Die bereits oben erwähnte Ironie schwingt auch hier ihre Geißel. Wenn nämlich solch ein pilgernder Fremdling der Welt den Rücken gekehrt hat, um, dem Lichte zugewandt, seine Wanderung in die Ewigkeit anzutreten, dann beglückwünschen sich jene sterblichen Menschen selber, dass sie die Ehre hatten, vorübergehend eine »solche Zierde ihres Geschlechts« zu beherbergen. Sie setzen ihm Denkmäler, auf denen mit goldenen Lettern der Nachwelt verkündet wird:

Sibi gratulentur mortales tale tantumque extitisse humani generis decus .

Dem Andenken des Mannes, dessen Grabstein in den Ruhmes-Hallen der Westminster-Abtei zu London die obigen Worte schmücken, soll das *dritte* Buch meines Werkes gewidmet sein. Denn sein unsterblicher Geist umschweift die Welt, und das Recht, den Inhalt seiner Werke zu verkünden, gehört keiner einzelnen Nation. Ich glaube den Ariadne-Faden entdeckt zu haben, der unsichtbar, aber dennoch in ununterbrochener Kontinuität, durch zwei Jahrhunderte hindurch bis in den Bereich der gegenwärtigen Strömungen und Gedanken des Weltgeistes führt. Denn dass wirklich eine solche

*) **LIII** Kontinuität besteht und dass der Faden, den Newton angesponnen, nicht abgerissen ist, sondern von frischen Winden bewegt lustig in den Lüften flattert und nur seiner Fortspinnung harrt, das mögen vorläufig die folgenden Betrachtungen beweisen, deren weitere Ausführung im *vierten* und letzten Buche des vorliegenden Werkes vollendet werden soll.

Dass Newton, Cotes, Bentley und andere Zeitgenossen Newton's die allgemeine Gravitation als wirkliche, durch den absolut leeren Raum, ohne materielles Medium hindurch wirkende Kraft aufgefasst haben, welche der Materie als solcher nicht inhärent und wesentlich ist, glaube ich oben zur Genüge bewiesen zu haben. Ebenso

51 Anmerkung des Herausgebers: **Herr** Samuel? – wer gemeint ist, kann ich nicht erraten.« Die genauere Bekanntschaft mit dem *Simplicissimus* verdanke ich dem weiblichen Zartgefühl meines Kollegen Virchow in Berlin, welcher am 16. März 1876 als deutscher Fortschrittsmann erklärte, er habe den *Simplicissimus* aus Rücksicht für die Mitglieder seiner Familie an eine möglichst versteckte Stelle seiner Bibliothek gestellt (»secretirt«), vermutlich unter die Schriften über Geburtshilfe und Geschlechtsteile mit Abbildungen. Gemeinsam mit den Ultramontanen stimmte er daher gegen die vom Minister Falk befürwortete Einführung eines Auszuges für Schulen jenes schönen Denkmals deutscher Denkfreiheit. Den Gesetzen der historischen Ironie gemäß musste aber Hr. Virchow durch diese Abstimmung gerade eine Verbreitung des *Simplicissimus* bewirken, wie sie besser durch kein anderes Mittel hätte erreicht werden können. Möge auch mir dereinst ein Virchow beschieden sein! Heute aber, am 17. August 1876, lege ich im Vorbeigehen diese Immortelle auf das 200jährige Grab eines braven und geistvollen Deutschen. Denn im Kirchenbuch zu Renchen in Baden steht geschrieben: »Anno 1676, 17. Augusto obiit in Domino Honestus et magno ingenio et eruditione Joannes Christophorus von Grimmelshausen , praetor hujus loci .« (Vgl. d. Beilage)

ist gezeigt worden, dass Newton als Ursache dieser Gravitation, so wie jeder wirklichen *actio in distans*, ein immaterielles Etwas unter dem Bilde eines universellen geistigen Wesens (*spiritus*) annimmt, welches die fundamentalen Eigenschaften unserer eigenen Persönlichkeit besitzt, nämlich Vorstellungen und Willen.

»*Tota rerum conditarum pro locis ac temporibus diversitas ab ideis et voluntateentis necessario existentis solum modo oriri potuit*« (Principia Lib. III. p. 675)

sagt Newton am Schluss des dritten Buches seiner Prinzipien. **Folglich nimmt Newton als Ursache der Schwere und der molekularen Fernwirkungen eine »psychische Kraft« an, von deren Stärke und Veränderungen die Schwerkraft und alle molekularen Kräfte abhängen.** Die Intensität dieser Kräfte und ihrer Resultanten ist also nicht unveränderlich, sondern prinzipiell wandelbar und noch von andern als den *sichtbaren* räumlichen Beziehungen materieller Körper abhängig, wie dies bisher durch gänzlich Missverstehen der Newton'schen Prinzipien von Seiten der modernen Naturforschung übersehen worden ist. Dass ich mich bei dieser Behauptung in Übereinstimmung mit einem der größten Mathematiker der Gegenwart befinde, mögen einige Worte Riemann's⁵²⁾ beweisen, in welchen derselbe sich über die Methode zur Erforschung der Ursachen, aus welchen die Bewegungen materieller Körper erklärt werden müssen, folgendermaßen ausspricht:

***) LIV**

»Das erste Geschäft ist ein mathematisches, das zweite ein metaphysisches. In Bezug auf letzteres bemerke ich im Voraus, dass als Ziel desselben nicht die Erklärung aus Ursachen, welche die Entfernung zweier Stoffpunkte zu verändern streben, zu betrachten sein wird. Diese Erklärungsmethode durch Anziehungs- und Abstoßungskräfte verdankt ihre allgemeine Anwendung in der Physik nicht einer unmittelbaren Evidenz (besonderer Vernunftgemäßheit), noch, von Elektrizität und Schwere abgesehen, ihrer besonderen Leichtigkeit, sondern vielmehr dem Umstand, dass das Newtonsche Anziehungsgesetz gegen die Meinung des Entdeckers so lange für ein nicht weiter zu erklärendes gegolten hat.

Newton says: »» That gravity should be innate, inherent, and essential to matter, so that one body may act upon another at a distance through a vacuum, without the mediation of anything else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking can ever fall into it.« See third letter to Bentley. «

»Durch diesen Prozess wird unsere Auffassung der Natur allmählich immer vollständiger und richtiger, geht aber zugleich immer mehr hinter die Oberfläche der Erscheinungen zurück. Die Geschichte der erklärenden Naturwissenschaften, soweit wir sie rückwärts verfolgen können, zeigt, dass dieses in der Tat der Weg ist, auf welchem unsere Naturerkenntnis fortschreitet. Die Begriffssysteme, welche ihnen jetzt zu Grunde liegen, sind durch allmähliche Umwandlung älterer Begriffssysteme entstanden, und die Gründe, welche zu neuen Erklärungsweisen trieben, lassen sich stets auf Widersprüche oder Unwahrscheinlichkeiten, die sich in den älteren Erklärungsweisen herausstellten, zurückführen.«

52 Bernhard Riemann's gesammelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlass. Herausgegeben unter Mitwirkung von R. Dedekind von H. Weber. Leipzig 1876 (Teubner), p. 499 und p. 489.

Es geht aus diesen Worten Riemann's zugleich auf's Deutlichste hervor, dass er, im Gegensatz zu den Herren W. Thomson, Cl. Maxwell und E. du Bois-Reymond, jene Worte in Newton's Brief an Bentley nicht missverstanden hat, indem er jenes Band, vermöge dessen zwei Stoffteilchen im absolut leeren Raum durch eine wirkliche *actio in distans* auf einander wirken können, in Übereinstimmung mit Newton, für ein »metaphysisches« d. h. »hinter der Oberfläche der Erscheinungen« liegendes Band hält, und nicht für ein physisches, welches durch mechanische Druck-, Stoß- oder Spannkraften (» *stress*«) die Körper zu ihren Bewegungen antreibt. Denn ein solches materielles Medium würde immer wieder einer neuen Hypothese bedürfen, welche uns die Ursache jener Spannungen (*stress*) oder Stöße begreiflich machte; man würde aber hierzu , bei Ausschluss metaphy

LV

sischer Ursachen, auch immer wieder ein neues materielles Medium bedürfen, und so fort *in infinitum per saecula saeculorum* . Es verhält sich also hiermit genau so, wie mit den Forderungen »ein Lichtkörperchen zu sehen«, oder den » Ursprung der ersten Organismen auf der Erde« durch auf sie fallende »Meteorsteine« zu erklären, so dass hier wieder, nur etwas versteckter, unser genügend bekannter und so viel Anstoss erregender »grober Denkfehler« hervorblickt. Dass Newton nicht von allen seinen neueren Landsleuten missverstanden worden ist, dies mögen die folgenden Worte eines der größten Astronomen Englands beweisen.

Sir John Herschel spricht sich nämlich in seinem » *Treatise on Astronomie* «, welcher 1833 erschienen ist, in § 371 über die metaphysische Ursache der Gravitation folgendermaßen aus:

*»Alle uns bekannten Körper kommen, wenn in die Luft gehoben und dann ruhig losgelassen, zur Erdoberfläche in einer gegen diese senkrechten Linie herab. Sie werden folglich hierzu getrieben durch eine Kraft, oder Kraftanstrengung, die das unmittelbare oder mittelbare Ergebniss eines Bewusstseins oder eines Willens ist, der irgendwo existiert, wengleich wir nicht vermögen seinen Ort auszuspiiren: diese Kraft nennen wir Schwere.«^{*53})*

Dass Sir John Herschel den hier in einem Alter von 41 Jahren geäußerten Anschauungen von dem psychischen d. h. nicht mechanischen Ursprung der allgemeinen Gravitation sein ganzes Leben hindurch treu geblieben ist, und gleichzeitig die bereits von Cotes im Auftrage Newton's ausgesprochene logische Unmöglichkeit einer mechanischen Erklärung der gravitierenden Fernwirkung durch Vermittlung eines materiellen Mediums durch Druck und Stoß klar erkannt hat, dafür

53 » All bodies with which we are acquainted, when raised into the air and quietly abandoned, descend to the earth's surface in lines perpendicular to it. They are therefore urged thereto by a force or effort, which it is but reasonable to regard as the direct or indirect result of a consciousness and a will existing somewhere, though beyond our power to trace, which force we term gravity.«

mögen die folgenden, 25 Jahre später in den » *Outlines of Astronomy* « (5. Ed. p. 291. London 1858) veröffentlichten Worte den Beweis liefern:

»Es ist unser eigenes unmittelbares Bewusstsein von Anstrengung, wenn wir eine Kraft anwenden, um einen Körper in Bewegung zu setzen oder einer Kraft Widerstand zu leisten und sie zu neutralisieren, was uns jene innerliche Überzeugung von Kraft und Ursache verschafft, in so weit sie sich auf die materielle Welt erstreckt, und uns zu der Annahme zwingt, dass, wenn wir irgendwo materielle Körper aus einem Ruhezustand in Bewegung übergehen sehen, oder von ihren gradlinigen Bewegungen abgelenkt oder ihre schon vorhandenen Geschwindigkeiten verändert sehen, dass dies in folge einer solchen irgendwie ausgeübten Anstrengung geschehe, obschon dieselbe nicht von unserem Bewusstsein begleitet ist.

Dass solch eine Anstrengung erfolgreich durch einen dazwischen liegenden Raum ausgeübt werden kann, ist ohne Zweifel schwierig zu begreifen. Aber diese Schwierigkeit wird in keiner Weise durch die Dazwischenkunft irgend einer Art von materieller Vermittlung beseitigt. Die Wirkung der Seele auf die Materie gestattet keine Erklärung in Worten oder Verdeutlichung durch Parallelen. Wir kennen dieselbe als eine Tatsache, aber sind gänzlich unfähig, sie als einen Prozess zu analysieren.«^{*54})

Hierauf folgen alsdann auch in dieser fünften Ausgabe die oben zitierten und 25 Jahre früher ausgesprochenen Worte.

Es ist klar, dass alle diese Argumente von Newton, Cotes und Sir John Herschel sich auf Fernwirkungen überhaupt beziehen und daher allgemein auch auf solche Bestrebungen Anwendung finden, welche darauf gerichtet sind, Bewegungsgesetze der Wechselwirkung zweier Atome oder Moleküle durch Vermittlung eines materiellen Mediums zu erklären, wie dies z. B. Clausius bei Aufstellung seines neuen Grundgesetzes der Elektrodynamik zu beabsichtigen scheint. ****55)**

*) *LVII*

Eine neuere Hypothese Maxwell's, welche den oben erwähnten Folgerungen und seinem Werke zu Grunde liegt, besteht in der Annahme eines *kontinuierlichen* Fluidums von höchst eigentümlichen Eigenschaften. Der ausgesprochene Zweck desselben besteht darin, den Faraday'schen Kraftlinien (» *lines of force* «), deren sich

54 » *It is our own immediate consciousness of effort , when we exert force to put matter in motion, or to oppose and neutralize force , which gives us this internal conviction of power and causation so fur it refers to the material world , and compels us to believe that whenever we see material objects put in motion from a state of rest, or deflected from their rectilinear paths and changed in their velocities if already in motion, it is in consequence of such an effort somehow exerted, though not accompanied with our consciousness.*

That such an effort should be exerted with success through an interposed space, is no doubt difficult to conceive. But the difficulty is no way alleviated by the interposition of any kind of material communication. The action of mind on matter admits of no explanation in words or elucidation by parallels. We know it as a fact, but are utterly incapable of analyzing it as a process,

55 Clausius, *Ueber ein neues Grundgesetz der Elektrodynamik*. Pogg. Ann. Bd. 156. p. 657. Es heißt hier wörtlich:

»Wenn man von der Vorstellung ausgeht, dass die elektrodynamische Einwirkung zweier bewegter Elektrizitätsteilchen aufeinander durch einen zwischen ihnen befindlichen Stoff vermittelt werde, so braucht man von ihr nicht anzunehmen, dass sie nur von der relativen Bewegung der Teilchen abhängt, sondern kann auch den absoluten Bewegungen der beiden einzelnen Teilchen einen Einfluss auf sie zuschreiben.«

Dass übrigens dieses »neue« Grundgesetz der Elektrodynamik für relative Bewegungen, die uns erfahrungsmäßig allein bekannt sind, mit dem Weber'schen Grundgesetz identisch ist, habe ich in meiner Abhandlung » *Über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen und die Widerlegung des Helmholtz'schen Potentialgesetzes durch elektrodynamische Versuche mit geschlossenen Strömen* « (Berichte d. Königl. Sächs. Ges. d. W. 12. Febr. 1876) nachgewiesen.

Faraday in Ermangelung analytisch-mathematischer Fähigkeiten zur Veranschaulichung komplizierter Vorgänge im Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus bediente, eine physikalische und reale, und nicht bloß symbolische Bedeutung zu geben.

Jenes Maxwell'sche Medium muss daher in einen Zustand von Spannung geraten können »*a state of stress , consisting of a tension like that of a rope in the direction of the lines of force , combined with a pressure in all directions at right angles to them*«
. *⁵⁶)

» *And these lines must not be regarded as mere mathematical abstractions. They are the directions in which the medium is exerting a tension like that of a rope, or rather like that of our own muscles.*

These are some of the already discovered properties of that which has often been called vacuum, or nothing at all. They enable us to resolve several kinds of action at a distance in actions between contiguous parts of a continuous substance.« (p. 54.)

Wenn uns aber die Hypothese eines solchen »*wonderful medium*« **⁵⁷) beim Verständnis der Wechselwirkung zweier Körper mehr als die Annahme einer unvermittelten Fernwirkung der Körper befriedigen soll, so muss doch offenbar irgend ein Umstand nachgewiesen werden, wodurch bei diesem Medium die vorausgesetzte Zahl von unbekanntem Eigenschaften geringer wird, als bei

LVIII

der direkten *actio in distans*; vor Allem muss man sich fragen, ob denn jene merkwürdigen »*stress*« begreiflicher als Fernwirkungen sind und ob wir uns eine »*construierbare Vorstellung*« von dieser wesentlichen Eigenschaft jenes unsichtbaren und untastbaren Mediums machen können, welches die Stelle der astronomisch so fruchtbar sich erweisenden *actio in distans* vertreten soll? Auf alle diese Fragen gibt uns Herr Maxwell die folgende Antwort:

» *we may regard Faraday's conception of a state of stress as a method of explaining action at a distance by means of the continuous transmission of force , even though we do not know how the state of stress is produced .*« (p. 52.)

Da also, wie man sieht, die Ursache dieser »*stress*« des Faraday-Maxwell'schen Mediums dem Urheber dieser Hypothese gerade ebenso unverständlich ist, wie die Ursache einer unvermittelten »*actio in distans*« , – so wird es uns, um mit Roger Cotes zu reden – »*erlaubt sein, Newton's System, welches uns wahrer erscheint,*

56 *Proceed . Roy . Instit . Vol. VII. Part. I. No. 58. p. 52. (1873.)*

57 »*The vast interplanetary and interstellar regions will no longer be regarded as vast places in the universe, which the Creator has not seen fit, to fill with symbols of the manifold order of His Kingdom. We shall find them to be already full of this wonderful medium.*« (Ibid. p. 53.)

beizubehalten und zu umfassen, wie auch den durch Erscheinungen dargetanen Ursachen lieber zu folgen, als gänzlich erdichteten und noch nicht erwiesenen. Zur wahren Forschung gehört, die Natur der Dinge aus wirklich existierenden Ursachen abzuleiten und die Gesetze aufzusuchen, nach denen der hohe Welterschöpfer die schönste Ordnung herstellen wollte, nicht aber die, nach denen er könnte, wenn es ihm beliebt hätte«. ⁵⁸⁾

Dass nun aber die den *letzten* mechanischen Ursachen zu Grunde liegenden *ferneren* Ursachen selbstverständlich nur *nicht mechanische*, d. h. *psychische* Ursachen sein können, haben nach Newton und John Herschel (vgl. oben S. Lv) auch Andere eingesehen. ⁵⁹⁾

Schopenhauer⁶⁰⁾ sagt z.B. wörtlich:

»Bisher subsumierte man den Begriff Wille unter den Begriff Kraft: dagegen mache ich es gerade umgekehrt, und will jede Kraft in der Natur als Wille gedacht wissen. Führen wir daher den Begriff der Kraft auf den des Willens zurück, so haben wir in der Tat ein Unbekanntes auf ein unendlich Bekannteres, ja auf das einzige uns wirklich unmittelbar und ganz und gar Bekannte zurückgeführt und unsere Erkenntnis um ein sehr Großes erweitert.«

In vollkommen identischer Weise spricht denselben Gedanken der hoch verdiente englische Naturforscher Alfred Russel Wallace*⁶¹⁾ ganz unabhängig von Schopenhauer, aber 52 Jahre später als dieser, mit folgenden Worten aus:

»Alle Kraft ist wahrscheinlich Willenskraft. -- Wenn wir davon überzeugt sind, dass Alles, was in der materiellen Welt existiert, Kraft oder Kräfte sind, so werden wir zunächst dahin geführt, zu untersuchen, was ist Kraft? Wir sind bekannt mit zwei radikal verschiedenen oder anscheinend verschiedenen Arten von Kraft – die erste besteht aus den primären Kräften der Natur, wie Gravität, Cohäsion, Repulsion, Wärme, Elektrizität etc.; die zweite ist unsere eigene Willenskraft.«

Der zweihundertjährige Gedanke Newton's tritt also in der Gegenwart in die Wirklichkeit und durchdringt alle Gebiete der Naturforschung. Wenn Newton an Bentley vor 138 Jahren geschrieben hat:

»Es ist unbegreiflich, wie unbeseelter (*inanimate*), roher (*brute*) Stoff, ohne irgend eine sonstige immaterielle Vermittlung, auf einen andern Körper ohne gegenseitige Berührung wirken kann,«

so hat er in diesen denkwürdigen Worten der Nachwelt ein Vermächtnis in Gestalt eines Rätsels hinterlassen, wodurch er, der thebanischen Sphynx vergleichbar, den Verstand eines jeden Naturforschers tötet, welcher jenes Rätsel nicht zu lösen vermag. Dass es aber eine solche Lösung gibt, durch die der menschliche Verstand von einem Ungeheuer befreit wird und wieder aufatmen kann, wie die Thebaner,

58 Newton's Principien, Vorrede von Cotes. Deutsche Ausgabe von Wolfers. p. 12. Der Originaltext dieser Stelle ist bereits oben mitgeteilt worden.

59 Vgl. die ausführlichen Belege in: *Über die Natur der Cometen u.s.w.* p. 359.

60 A. Schopenhauer - *Die Welt als Wille und Vorstellung.* (Dresden 1818.) Bd. I. p. 132

61 A. R. Wallace, *Contribution to theory of natural Selection*. London 1870. Deutsche Ausgabe von Meyer, p. 420. Vgl. *Natur der Cometen u.s.w.* a.a.O.

nachdem Oedipus im Worte »Mensch« das identische Subjekt entdeckt hatte, in welchem jene drei rätselhaften Attribute ohne Widerspruch vereinigt sind, das lässt sich an den obigen Worten Newton's selber zeigen. Es ist dazu nur erforderlich, die in ihnen enthaltene doppelte Negation in eine Bejahung zu verwandeln, d.h. die Antithese jenes Satzes zu bilden, welche dann lautet:

»Es ist begreiflich, wie beseelter, lebendiger Stoff, ohne irgend eine sonstige Vermittlung auf einen andern Körper ohne gegenseitige Berührung wirken kann.«

Versucht man nämlich, den Inhalt der beiden ursprünglichen Attribute »*inanimate*« und »*brute*« , welche man der Materie beizulegen sich gewöhnt hat, im Gegensatz zu den Attributen »*animate* « und »*not brute* « bestimmter zu definieren, so gelangt man selbstverständlich gerade zu denjenigen Eigenschaften, vermöge deren die Teile der Materie nur durch Druck und Stoß bei der Berührung auf einander wirken können.

Es ist daher kein Wunder, wenn unser Verstand aus solchen Eigenschaften, welche wir auf Grund einer unvollständigen Induktion den Elementen der Materie beigelegt haben, nicht im Stande ist, andere Eigenschaften z. B. die *actio in distans* , für die Aggregate jener Elemente, d.h. für die Körper abzuleiten. Der logische Widerspruch, der für unser bewusstes Denken in der Annahme einer solchen unvermittelten *actio in distans* zu liegen scheint, ist von uns selbst verschuldet, und rührt einfach daher, dass wir denselben Dingen, d.h. den Elementen der Materie, stillschweigend, und daher ohne reifliche Überlegung, Attribute absprechen, welche wir später den Aggregaten jener Elemente wieder beizulegen genötigt sind.

Hierdurch allein wird es begreiflich, weshalb wir uns Körper, deren Elemente aus solchem »*inanimate* , *brute matter*« bestehen, eben sowenig mit einer *actio in distans* begabt denken oder vorstellen können, wie einen kugelförmigen Würfel oder ein hölzernes Eisen. Wir müssen daher Newton vollkommen beipflichten, wenn er in seinem obigen Briefe an Bentley die Annahme einer unvermittelten Fernwirkung eines solchen »*inanimate*, *brute matter*« für absurd erklärt, und nicht glaubt, dass jemals ein Mensch auf solchen Gedanken verfallen kann, dem überhaupt eine kompetente Fähigkeit des wissenschaftlichen Denkens beizumessen ist.

Dass das verhängnisvolle Missverständnis des Newton'schen Briefes an Bentley kein notwendiges ist und folglich Newton auch nicht dafür verantwortlich gemacht werden darf, dass einige seiner späteren Epigonen die beiden Attribute »*inanimate* « und »*brute*« übersehen haben, das glaube ich durch die oben angeführten Worte Sir John Herschel's hinreichend bewiesen zu haben.

Hiermit ist natürlich die Existenz eines im ganzen Weltraume verbreiteten materiellen Mediums, welches der Träger der Modulationen des Lichtes und der strahlenden Wärme ist, vollkommen verträglich. Aber über die Konstitution dieser universellen Substanz bezüglich ihrer Kontinuität oder Diskontinuität wird durch jene Erscheinungen allein auch nicht das Geringste ausgesagt.

Ich erlaube mir diese Behauptung durch die folgenden Worte Sir William Thomson's zu bekräftigen, welche derselbe, allerdings vor 20 Jahren, über ein solches Medium ausgesprochen hat ⁶²⁾, die jedoch Maxwell selber in seinem oben erwähnten Werke⁶³⁾ in folgender Weise zitiert:

» Whether this matter is or is not electricity, whether it is a continuous fluid inter permeating the spaces between molecular nuclei, or is itself molecularly grouped; or whether all matter is continuous, and molecular heterogeneousness consists in finite vortical or other relative motions of contiguous parts of a body; it is impossible to decide, and perhaps in vain to speculate, in the present state of science.«

Während also Sir W. Thomson in diesen Worten den Standpunkt einer vollkommen berechtigten wissenschaftlichen Skepsis vertritt, geirrt sich derselbe Autor zwanzig Jahre später als Vertreter eines wissenschaftlichen Glaubens. Denn in seinem neuesten Werke⁶⁴⁾ bemerkt er an derselben Stelle, an welcher er aus elektrostatischen Beobachtungen eine Grenzbestimmung für »die Größe der Atome« abgeleitet, wörtlich:

» This of course, will give a definite limit for the sizes of atoms, or rather, as I do not believe in atoms, for the dimensions of molecular structures.«

**)LXII*

Vollkommen entsprechend dem bei allen wahrhaft Gläubigen beobachteten Charakterzuge der Intoleranz gegen anders Denkende, wird hierauf über die ganze physikalische Schule des 18. Jahrhunderts, welche nach Newton's Lehre nur Fernwirkungen kannte und mit Hilfe der physikalischen Atomistik ganz konsequent auch die Wirkungen bei der sogenannten Berührung oder dem Kontakt zweier Körper auf Fernwirkungen zurückführte, in folgenden Worten der Stab gebrochen:

» The eighteenth century made a school of science for itself, in which, for the not unnatural dogma of the earlier schoolmen, » matter cannot act where it is not « was substituted the most fantastic of paradoxes, » contact does not exist « . «

Ich glaube oben gezeigt zu haben, dass das Dogma, welches Sir William Thomson hier als » *not unnatural* « vom Standpunkte seines Glaubens verdammt, ein »*illogical dogma*« vom Standpunkte unseres Denkens ist, weil jenem Satze, dass ein Körper da nicht wirken kann, wo er nicht ist, zuerst die Frage vorangehen und beantwortet

62 *Proceed . of the Royal Society*. June 1856.

63 *Treatise on Electricity and Magnetism* . Vol. II, p. 416. (1873.)

64 *Papers on Electrostatics and Magnetism by Sir William Thomson*. London 1872, p. 318.

werden muss »wo ist ein Körper?« Auf diese Frage gibt es aber keine andere Antwort als: »da wo er wirkt« d.h. da wo wir Wirkungen desselben auf uns oder einen andern Körper wahrnehmen.

Die von jenem »*circulus vitiosus*« befreite und geläuterte Erkenntnis der Menschheit verlangt gegenwärtig die Hypothese einer empfindenden Materie. Denn die exakte Wissenschaft, und nicht die sogenannte Philosophie, hat jetzt das Newton'sche Rätsel gelöst und gleichzeitig, wie Oedipus seinen Vater, den Epikuraeischen Materialismus getötet; denn dieser operierte einzig und allein mit jenem » *inanimate* , *brute matter* «; aber er übte sich hierbei in nützlichen Operationen, ähnlich wie der Geburtshelfer am Phantom oder das Kind an seinen Puppen, die er dereinst im Reiche der Wahrheit an lebendigen Körpern in der Erfüllung höherer Pflichten anzuwenden bestimmt war.

Von diesem Gesichtspunkte geleitet, habe ich vor fünf Jahren die Behauptung ausgesprochen: ⁶⁵⁾

»dass das Phänomen der Empfindung eine viel fundamentalere Tatsache der Beobachtung als die Beweglichkeit der Materie ist, welche wir ihr als die allgemeinste Eigenschaft und Bedingung zur Begrifflichkeit der sinnlichen Veränderungen beizulegen gezwungen sind.

Vergegenwärtigt man sich nun aber die empirischen Tatsachen, zu deren deduktiver Ableitung die bisherigen Eigenschaften der Materie beigelegt wurden, so enthalten dieselben nur zeitliche und räumliche Beziehungen, welche durch Kräfte in ein gesetzmäßiges Kausalitätsverhältnis gebracht sind. Es ist daher selbstverständlich, dass aus diesen Eigenschaften auch deduktiv keine anderen Tatsachen abgeleitet werden können, als solche, welche sich nur auf räumliche und zeitliche Verhältnisse beziehen.

Die empirische Tatsache der Empfindung kann folglich nicht aus jenen (mechanischen Eigenschaften der Materie abgeleitet werden, denn die Vorstellung irgend einer Empfindungsqualität als solcher enthält begrifflich weder kausale, noch räumliche, noch zeitliche Elemente.«

Wenn aber die Empfindung in einem beseelten Körper die Ursache einer materiellen Veränderung werden soll, so muss dieselbe auf einen Willen wirken, der durch eine der beiden Qualitäten einer Empfindung, nämlich entweder durch Lust oder Unlust, motiviert werden kann. Legen wir daher den letzten Atomen der Materie Empfindungen bei, so müssen wir alle materiellen Veränderungen der uns sinnlich wahrnehmbaren Welt, also auch die Bewegungen der Himmelskörper, als motivierte, d.h. auf einen universellen Willen bezügliche auffassen.

Dieser »universelle Wille« ist identisch mit der von Newton angenommenen »geistigen Substanz« (*Spiritus*), deren Attribute er durch folgende Worte in seinen Prinzipien (III. Buch) definiert:

»Durch die Kraft und Tätigkeit dieser geistigen Substanz ziehen sich die Teilchen der Körper wechselseitig in den kleinsten Entfernungen an, und haften an einander, wenn sie sich berühren. Durch sie wirken die elektrischen Körper in den größten Entfernungen, sowohl um die nächsten Körperchen anzuziehen, als auch sie abzustoßen. Die ganze, in Bezug auf

65 Natur der Cometen u. s. w. S. 321.

Zeit und Raum herrschende Verschiedenheit aller Dinge kann nur von dem *Willen* und der *Weisheit* eines notwendig existierenden Wesens herrühren«⁶⁶).

***) LXIV**

Die erste Frage nun, welche bei der Interpretation materieller Veränderungen durch einen psychischen Prozess entschieden werden muss, besteht offenbar darin, ob mit jenen beiden Qualitäten der Empfindung, die wir im bewussten Leben als Lust und Unlust bezeichnen, und die unsrer Hypothese gemäß den Bewegungszustand, d. h. die Richtung und Geschwindigkeit eines materiellen Punktes beeinflussen sollen, zwei verschiedene mechanische Vorgänge begrifflich verknüpft werden können.

Diese Frage habe ich in meinem Buche über die Natur der Kometen p. 325 in folgendem Satze bejahend beantwortet, indem ich wörtlich bemerkte:

» Bei der relativen Bewegung zweier materiellen Punkte können bezüglich der dabei geleisteten Arbeit ebenfalls nur zwei Fälle in Betracht kommen, entweder die Punkte bewegen sich im Sinne der zwischen ihnen wirksamen Kraft, und dann wird Spannkraft oder potentielle Energie in lebendige Kraft oder Bewegungsenergie verwandelt, – oder sie bewegen sich durch Einfluss einer äußeren Ursache im entgegengesetzten Sinne der Kraft: und dann wird Bewegungsenergie in potentielle Energie verwandelt.

Es ist klar, dass alle materiellen Veränderungen in der Natur, insofern hierbei eine Arbeitsleistung der bewegten Massenelemente in dem angedeuteten Sinne stattfindet, entweder dem ersten oder zweiten Falle untergeordnet werden können.«

Existierte nur ein Massenelement im Raume, so würde überhaupt der hier angedeutete Umwandlungsprozess begrifflich unmöglich sein, da jenem einzelnen Elemente nur die Eigenschaft der Trägheit zukäme, vermöge welcher es bestrebt ist, unveränderlich in dem ihm eigentümlichen Zustande zu verharren. Erst durch die Existenz von zwei Massenelementen sind die Bedingungen für eine Wechselwirkung dieser beiden Elemente gegeben, und folglich auch die Möglichkeit eines Umwandlungsprozesses der beiden erwähnten Formen von Energie. Es ist aber leicht ersichtlich, dass bei der Annahme *nur* zweier elementarer Massen im unendlichen Raume, welche aus einem primitiven Zustande relativer Ruhe in den der Bewegung unter dem Einfluss ihrer Wechselwirkung übergehen, im Allgemeinen nur die eine Gattung jenes Verwandlungsprozesses von Energie stattfinden kann, indem sich jene Elemente bei attraktiver Wechselwirkung nähern, bei repulsiver Wirkung stetig entfernen müssen. In beiden Fällen wird stets nur potentielle Energie in kinetische Energie verwandelt,

LXV so lange sich die beiden Elemente bei ihrer Bewegung in einem endlichen Abstand befinden.

66 Deutsche Ausgabe von Wolfers, p. 511 und 512. Der Originaltext dieser Worte ist bereits oben mitgeteilt worden.

Um auch die entgegengesetzte Verwandlung zu erzeugen, sind mindestens drei Massenelemente erforderlich, wobei es gleichgültig ist, ob die dritte Masse permanent die Wechselwirkung der beiden andern beeinflusst, oder ob dieser Einfluss nur vorübergehend stattgefunden hat.

So ist z. B. zur Erzeugung einer Planetenbahn außer der attraktiven Wirkung der Sonne noch die Annahme einer Ursache erforderlich, welche dem Planeten vorübergehend und ursprünglich eine Bewegung erteilt hat, deren Richtung gegen die Verbindungslinie zwischen Sonne und Planet geneigt ist. Dagegen entspringen die sogenannten Störungen eines Planeten aus Kräften, welche von dritten Körpern permanent ausgeübt werden. Diesen Erwägungen entsprechend bemerkte ich in meinem Buche über die Natur der Kometen p. 325:

»Zwei Massenelemente, deren Bewegung nur unter dem Einfluss ihrer gegenseitigen Kräfte stattfindet, werden jedoch stets nur die erste Art der Arbeitsleistung vollziehen können, d. h. sie werden sich bei attraktiven Kräften nähern, bei repulsiven entfernen.

Die Umkehr dieser Bewegungen und dadurch auch die Umkehr des Arbeitsprozesses kann nur durch die Einwirkung eines dritten Körpers bewirkt werden.«

Nimmt man nun auf Grund dieser Betrachtungen und wegen gewisser Analogien beim bewussten Empfindungsprozess die Verwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft als mit einer Lustempfindung, die Verwandlung von lebendiger Kraft in Spannkraft mit einer Unlust-Empfindung verknüpft an, so ergibt sich hieraus eine Bedingung für die Tendenz von Bewegungen eines Systems materieller Punkte, welcher dasselbe genügen muss, »wenn die Erregung jener Empfindungen von praktischer Bedeutung, d.h. von Einfluss auf ihre relativen Bewegungen sein soll«.

Da nach dem oben Bemerkten die mit Unlust verbundene Verwandlung von lebendiger Kraft in Spannkraft nur durch Einwirkung eines dritten Körpers auf das System zweier Körper stattfinden kann, auf welche hierdurch gleichsam ein Zwang ausgeübt wird, sich auch dem Gesetze der Wechselwirkung jenes dritten Körpers zu akkommodieren und daher von ihrer freien

LXVI Bahn abzuweichen, so muss dies in solcher Weise geschehen, dass sich die drei Körper in Bahnen bewegen, welche in möglich größter Übereinstimmung mit ihrer freien Bewegung sind, d. h. unter möglich kleinstem Zwang stattfinden.

Ist das hier vom Standpunkte der psychischen Hypothese ausgesprochene Gesetz für die Bewegungen materieller Körpersysteme ein allgemeines und in der Natur begründetes, so muss sich dasselbe auch unabhängig von dieser Hypothese als ein allgemeines mechanisches Prinzip aussprechen lassen, aus welchem alle mechanischen Bewegungsgleichungen mit Notwendigkeit resultieren.

Dies ist nun in der Tat der Fall, indem Gauss vor 47 Jahren in seiner Abhandlung: »Über ein neues allgemeines Grundgesetz der Mechanik⁶⁷⁾ jenes Prinzip mit folgenden Worten ausspricht:

» Die Bewegung eines Systems materieller, auf was immer für eine Art unter sich verknüpfter Punkte, deren Bewegungen zugleich an was immer für äußere Beschränkungen gebunden sind, geschieht in jedem Augenblick in möglich größter Übereinstimmung mit der freien Bewegung, oder unter möglich kleinstem Zwang, indem man als Maß des Zwanges, den das ganze System in jedem Zeiteilchen erleidet, die Summe der Produkte aus dem Quadrate der Ablenkung jedes Punktes von seiner freien Bewegung in seine Masse betrachtet.«

Dass auch Gauss bereits eine deutliche Ahnung von der Analogie seines Prinzips mit psychischen Regulativen empfindender und handelnder Wesen besessen hat, dürfte vielleicht aus dem folgenden Schlusssatze seiner Abhandlung hervorgehen:

»Es ist sehr merkwürdig, dass die freien Bewegungen, wenn sie mit den notwendigen Bedingungen nicht bestehen können, von der Natur gerade auf dieselbe Art modifiziert werden, wie der rechnende Mathematiker, nach der Methode der kleinsten Quadrate Erfahrungen ausgleicht, die sich auf unter einander durch notwendige Abhängigkeit verknüpfte Größen beziehen. Diese Analogie ließe sich noch weiter verfolgen, was jedoch gegenwärtig nicht zu meiner Absicht gehört.«

In meinem Buche über die Natur der Cometen habe ich p. 326 die obigen Betrachtungen in folgenden Worten zusammengefasst:

LXVII

» Wie man sieht, würden durch die gemachte Annahme alle Ortsveränderungen der Materie, gleichgültig ob sie an unorganischen oder organischen Naturkörpern vor sich gehen, dem folgenden Gesetze unterworfen sein, welches im Wesentlichen bereits oben ausgesprochen wurde:

» Alle Arbeitsleistungen der Naturwesen werden durch die Empfindungen der Lust und Unlust bestimmt, und zwar so, dass die Bewegungen innerhalb eines abgeschlossenen Gebietes von Erscheinungen sich so verhalten, als ob sie den unbewussten Zweck verfolgen, die Summe der Unlust-Empfindungen auf ein Minimum zu reduzieren.«

Wie man sieht ist dieses Prinzip seiner psychischen Bedeutung nach ein optimistisches, indem es die stetige Annäherung aller materiellen Veränderungen der Welt an einen solchen Zustand ausspricht, in welchem, den gegebenen Verhältnissen entsprechend, für das Universum ein Minimum von Unlust d. h. ein Maximum von Lust stattfindet ⁶⁸⁾.

67 Crelles Journal

68 Herr Helmholtz hielt sich im Jahre 1874 den obigen Betrachtungen in meinem Buch über die Natur der Kometen gegenüber zu der folgenden Kritik berechtigt: » Dem von ihm in Aussicht genommenen letzten Ziele nach läuft es auf Schopenhauer'sche Metaphysik hinaus. Die Gestirne sollen sich einander lieben und hassen, Lust und Unlust empfinden und sich so zu bewegen streben, wie es diesen Empfindungen entspricht. Ja in verschwommener Nachahmung des Gesetzes der kleinsten Wirkung wird (p. 326. 327) der Schopenhauer'sche Pessimismus (!), welcher diese Welt zwar für die beste unter den möglichen Welten, aber für schlechter als gar keine erklärt, zu einem angeblich allgemeingültigen Prinzip von der kleinsten Summe der Unlust formuliert und dieses als oberstes Gesetz der Welt, der lebenden, wie der leblosen proklamiert.

Dass nun ein Mann, dessen Geist auf solchen Wegen wandelt, in der Methode des ThomsonTait'schen Buches das gerade Gegenteil des richtigen Weges, oder dessen, was er selbst dafür hält, erblickt, ist natürlich; dass er den Grund des Widerspruches in allen möglichen persönlichen Schwächen der Gegner, nicht aber da sucht, wo er wirklich steckt, entspricht ganz der intoleranten Weise, in der Anhänger von metaphysischen Glaubensartikeln ihre Gegner zu behandeln pflegen, um sich und der Welt die Schwäche ihres eigenen Standpunktes zu verhüllen. Herr Zöllner ist überzeugt, m» dass es der Mehrzahl unter den heutigen Vertretern der exakten Wissenschaften an einer klar bewussten Kenntnis der ersten Prinzipien der Erkenntnistheorie gebreche au (p. VIII). Dies sucht er durch Nachweisen angeblicher grober Denkfehler bei mehreren von ihnen zu erhärten.« (Vgl. Vorrede z. 2. Teil des

Unser Verstand besitzt nun aber das Bedürfnis, jede erkannte Ursache zu lokalisieren. Wenn daher als die Ursache materieller Veränderungen die Existenz eines wollenden und vorstellenden Subjektes erkannt ist, so entsteht jetzt die weitere Frage, wo dieses Subjekt, dem wir genötigt sind, jene Attribute beizulegen, existiert. Sir John Herschel hatte in der

LXVIII oben angezogenen Stelle bemerkt, es gehe über unser Vermögen, diesen Prozess der Lokalisierung jenem wollenden und vorstellenden Subjekt gegenüber vollziehen. (. ...*a consciousness and a will existing somewhere though beyond our power to trace*, ...).

Es fragt sich daher, ob wir nicht im Stande sind, uns dieses Vermögen der räumlichen Anschauung auch jenem Subjekt gegenüber anzueignen, und es hierdurch für unsere Anschauung durch einen analogen Prozess in ein Objekt zu verwandeln, durch welchen wir die empfundenen Veränderungen unseres Körpers in materielle Objekte verwandeln.

Dieser Verwandlungsprozess geschieht nun, wie zuerst Schopenhauer und später gänzlich unabhängig von ihm Helmholtz in vollkommen übereinstimmender Weise gezeigt haben ⁶⁹) dadurch, dass unserem Verstand *a priori*, d. h. unabhängig von aller Erfahrung, eine intellektuelle Fähigkeit innewohnt, vermöge deren er im Stande ist, subjektive Empfindungsunterschiede (nach- oder nebeneinander) auf Ursachen zu beziehen, von denen sich ein Teil in Objekte für unser Anschauungsvermögen verwandelt. Diese intellektuelle Fähigkeit, die ebenfalls als Attribut eines irgendwo existierenden Subjektes gedacht werden muss, dessen Ort wir nicht anzugeben im Stande sind, wird daher nur dann Veranlassung haben in Tätigkeit zu geraten, wenn ihr in irgendwelcher Weise solche Empfindungsunterschiede zur Behandlung dargeboten werden. Dies geschieht ausschließlich empirisch vermittelt eines organisierten Leibes, d. h. eines komplizierten Aggregates materieller aber durch immaterielle Vermittlung einer *actio in distans* verbundener Punkte. Der Ursprung der räumlichen Anschauung, vermöge deren wir jene Lokalisierung von Ursachen zu vollziehen im Stande sind, kann daher nur in diesem Prozess gesucht und durch ihn erklärt werden. Da aber dieser Ursprung, wie gezeigt, teils aprioristischer teils empirischer Natur ist, und das Gebiet des Empirischen in der Endlichkeit (zeitlich und räumlich) nicht erschöpft und umfasst werden kann, so folgt, dass die Anschauung **LXIX** ungsform des Raumes eine *entwicklungsfähige* und niemals zum Abschluss

Handbuches der theoretischen Physik von W. Thomson und T. G. Tait 1874).

Dass diese meine Überzeugung heute noch eine viel festere als vor fünf Jahren ist, wo ich Hr. Helmholtz »buchstäblich« bewies, dass er selber ein »Mann ist, dessen Geist auf solchen Wegen wandelt« wie Schopenhauer, bedarf keiner Bemerkung. Vgl. Nat. d. Cometen. Apriorität des Causalgesetzes.

69 Vgl. Natur der Cometen u. 8. W. S. 345 ff.

gelangende Funktion beseelter Organismen sein muss. Das Gesetz dieser fortschreitenden Entwicklung unserer Raumschauung kann aber nur dadurch gefunden werden, dass wir mit Hilfe der beiden oben angegebenen Faktoren den bisherigen Entwicklungsprozess unserer gegenwärtigen Raumschauung zu verstehen suchen.

Letztere stellt sich unserem Verstand auf dem gegenwärtigen Standpunkte seiner Entwicklung als eine dreifach ausgedehnte Mannigfaltigkeit dar, vermittelt deren wir im Stande sind, subjektive Empfindungsunterschiede widerspruchsfrei zu erklären, d. h. auf Ursachen zu beziehen. Da aber der oben erwähnte aprioristisch-empirische Prozess begrifflich nichts anderes als eine Wechselwirkung ausdrückt, welche zwischen uns und den Objekten oder diesen untereinander existiert, so wird die allgemeinste Eigenschaft des Raumes identisch sein mit der allgemeinsten Eigenschaft der Wechselwirkung. Diese Eigenschaft besteht aber darin, dass es eine Beziehung von Ursachen (Objekte) zu uns und andern Ursachen gibt, durch deren Änderung allein, ohne Änderung der Objekte, genau dieselben Veränderungen in der Intensität der Wechselwirkung erzeugt werden können, wie dies bei Unveränderlichkeit jener Beziehung durch Veränderung der Objekte geschehen kann.

Diese Beziehung, deren Vorhandensein wesentlich nur empirisch erkannt worden ist, nennen wir im Gebiete unserer Gesichtswahrnehmungen: »Raum«. Vermöge dieser Beziehung sind wir im Stande, von veränderlichen Erscheinungen auf unveränderliche Objekte zu schließen, indem wir jenen Wechsel der Erscheinung nicht durch einen korrespondierenden Wechsel des Objektes, sondern nur durch eine wechselnde Beziehung (Lage und Entfernung) des unveränderlichen Objektes zu unserem Körper erklären.

So kann z. B. der Eindruck eines seine Helligkeit verändernden Punktes bei konstanter Entfernung genau in gleicher Weise wie bei konstanter Helligkeit des Punktes durch Veränderung seiner Entfernung erzeugt werden. Der Abstand zweier Punkte kann sich objektiv ändern, aber es kann ganz derselbe

LXX Effet für unsere Wahrnehmung bei unverändertem Abstand der Punkte, lediglich der durch Veränderung ihrer Beziehungen (z. B. durch Drehung und die dadurch bewirkte perspektivische Verkürzung) erzeugt werden.

Am einfachsten lässt sich diese Fundamental-Tatsache, aus welcher die Raumschauung entspringt, durch das Verhältnis einer ebenen Schattenprojektion zu dem projizierten Objekte erläutern. Hier haben wir veränderliche Erscheinungen in einem räumlichen Gebiete von zwei Dimensionen, und unveränderliche Objekte in einem Gebiete von drei Dimensionen. Nur vermöge der erwähnten fundamentalen

Tatsache, sind wir im Stande, jene veränderlichen Schatten auf unveränderliche Objekte zu beziehen, und jene veränderlichen Erscheinungen durch Veränderung der Beziehungen unveränderlicher Dinge zu erklären.

Die Geometrie entwickelt die Gesetze, welche sich aus dieser allgemeinen Tatsache der Erfahrung begrifflich ableiten lassen. Sie setzt hierbei stillschweigend voraus, dass die begrifflich deduzierten und definierbaren Beziehungen sich auch anschaulich decken oder mit andern Worten, dass zwischen begrifflich identisch definierten räumlichen Gebilden auch anschaulich oder empirisch kein Unterschied existiere.

So werden z. B. zwei ebene Dreiecke begrifflich als kongruent definiert, wenn drei Stücke mit einander übereinstimmen. Das anschauliche Kriterium dieser Kongruenz besteht in der Deckung zweier solcher Dreiecke, indem wir uns vorstellen können, dass jedes dieser beiden Dreiecke, in die gleiche Lage zu unserem Auge gebracht, auch den identischen Eindruck, d.h. dieselbe Wirkung auf uns hervorbringen wird. Dieser Vorstellungsprozess, durch welchen wir eine solche Lagenveränderung jener beiden kongruenten Dreiecke vorzunehmen im Stande sind, ist jedoch ein wesentlich verschiedener, je nachdem diese beiden Dreiecke in der Ebene *unsymmetrisch* (►►) oder *symmetrisch* (◄►) angenommen werden. Im ersteren Falle sind wir gezwungen, nur eine Verschiebbarkeit der Dreiecke in der Ebene, im zweiten Falle dagegen auch ein Umwenden, d. h. die Möglichkeit eines Heraustretens der Dreiecke aus der Ebene, anzunehmen, um jene Deckungs

LXXIoperation anschaulich zu vollziehen. Um also die geometrischen Gesetze in einem Raume von zwei Dimensionen begrifflich in Übereinstimmung mit unsrer Anschauung zu bringen, d. h. die Widersprüche zwischen begrifflich identischen aber anschaulich oder empirisch verschiedenen Gebilden zu beseitigen, ist es notwendig, dass sich in unserem Verstand bereits eine räumliche Anschauungsform entwickelt hat, welche um eine Mannigfaltigkeit reicher ist, d.h. eine Dimension mehr besitzt, als diejenigen Gebilde, deren Gesetze die Geometrie widerspruchsfrei in Begriffen auszudrücken bestrebt ist.

Die materielle Welt stellt sich bei unsrer gegenwärtigen Raumschauung als ein Nebeneinander von Objekten in drei Dimensionen dar. Die Erklärbarkeit *aller* Erscheinungen durch Veränderung räumlicher Beziehungen kann aber nur unter der Voraussetzung möglich sein, dass wir im Stande sind uns räumliche Gebilde, welche die Geometrie begrifflich als identische definiert, auch anschaulich als identische vorzustellen. Sollte dies nicht der Fall sein, so würde sich hieraus die Möglichkeit materieller Vorgänge ergeben, zu deren Erklärung unsere gegenwärtige räumliche Anschauungsform absolut unzureichend ist und welche uns daher als Wunder, d. h.

als Widersprüche mit der uns bisher zur Verfügung stehenden Raumanschauung erscheinen müssten. Es fragt sich also, ob in der Geometrie des Raumes etwa derartige Widersprüche existieren, wie sie in der Geometrie der Ebene wirklich bestehen würden, wenn wir nicht die Vorstellung eines Raumes von einer nächst höheren Dimension besäßen. Diese Frage muss nun merkwürdigerweise bejaht werden, indem offenbar bei der Symmetrie räumlicher Figuren (Verhältnis eines Objektes zu seinem Spiegelbild oder einer rechten zu einer linken Hand) ganz derselbe Widerspruch stattfindet, wie in dem oben erläuterten Falle. Hier sind wir aber nicht im Stande, jenen Widerspruch durch einen der Umwendung ebener Figuren analogen Prozess zu beseitigen. **Es würde dies der Fall sein, wenn wir die Vorstellung eines Raumes von vier Dimensionen besäßen. Die Erscheinungen, welche bei einem solchen Umwandlungsprozess symmetrischer räumlicher Figuren stattfinden, müssten analog denjenigen sein, welche wir beim Umwenden eines Dreieckes oder einer andern ebenen Figur auf der Netzhaut wahrnehmen.** Ebenso wie sich die Projektion einer solchen Figur, als welche man das Netzhautbild betrachten kann, gesetzmäßig verzerrt, seine Fläche verkleinert, um im Momente, wo seine Ebene senkrecht zur Gesichtsebene steht, zu verschwinden, würden ähnliche Erscheinungen dann auch an den Körpern möglich sein, ohne dass hierin irgendwelche Widersprüche mit irgendwelchen fundamentalen Prinzipien unserer Erkenntnis zu erblicken wären. Im Gegenteil, nur durch solche scheinbaren Widersprüche erweitert sich das Gebiet unserer Raumanschauung, wie es sich bisher auf diesem Wege allein nur entwickelt hat. Ich habe in meiner letzten Arbeit*⁷⁰) darauf hingedeutet, wie allgemein sich jene oben erwähnte fundamentale Tatsache der Wechselwirkung in unsern physikalischen Gesetzen ausspricht, indem ich an das allgemeine Gesetz der elektrodynamischen Induktion die folgenden Betrachtungen knüpfte (S. 149 ff.):

» Ich habe das oben erwähnte allgemeine Gesetz der elektrischen Induktion nicht nur als ein einfaches, sondern auch als ein merkwürdiges bezeichnet, und zwar deswegen, weil sich in ihm in reinster Form das Grundgesetz für die Interpretation unserer Sinnesempfindungen gegenüber den Eindrücken der Außenwelt widerspiegelt. Auch hier kann ein und derselbe Eindruck auf uns durch zwei gänzlich von einander getrennte Veränderungen des einwirkenden Objektes erzeugt werden, nämlich entweder, erstens, durch Veränderung seiner räumlichen Beziehungen (Entfernung und Lage), bei unveränderlichen Eigenschaften des Dinges, oder, zweitens, durch Veränderung dieser Eigenschaften, z. B. der Form und Größe, bei unverändertem Abstand von unserem Körper. Die Existenz dieser zwiefachen Art von Ursachen – zu deren Annahme uns die Erfahrung und das Verstandesbedürfniss einer widerspruchsfreien Erklärung der Sinneseindrücke gezwungen hat, findet ihren Ausdruck in der Beschaffenheit unserer gegenwärtigen Raumanschauung. In der Tat drückt dieselbe im Wesentlichen nur jenes oben erwähnte Gesetz aus, dass jede Erklärung von empfundenen Unterschieden durch die Annahme von zwei wesentlich von einander verschiedenen Ursachen möglich sei, nämlich erstens durch Unterschiede an dem Objekte selber bei unveränderter räumlicher Beziehung, und zweitens durch Unterschiede des Abstandes von uns bei unveränderter Beschaffenheit des Objektes, gleichgültig, ob diese Unterschiede an einem Objekte nacheinander eintreten (Veränderungen) oder gleichzeitig bei **LXXIII** Unterschieden mehrerer Objekte oder einzelner Teile desselben Objektes neben einander. Der wesentliche Inhalt unserer ganzen Raumanschauung enthält nichts anderes als den Ausdruck der in obiger Weise gefundenen Tatsache, dass die Wirkungen der Körper auf uns und auf einander sich ändern können, ohne dass hierbei die Eigenschaften der Körper sich selber zu ändern brauchen. **Hierauf beruhen z. B. alle Beweise**

70 Über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen u. s. w. Berichte d. Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. Sitzung vom 12. Februar 1876.

für die Kongruenz ebener Figuren durch Deckung. Denn ohne die Möglichkeit einer solchen Deckung würden zwei kongruente aber symmetrische Dreiecke niemals in solche Lagen gebracht werden können, dass alle gleichen Stücke derselben gleichzeitig auf einander fallen. Um dies zu bewirken, *ist der Prozess des Umklappens erforderlich, welcher nur in einem Raume ausgeführt werden kann, welcher eine Dimension mehr als die ebenen Dreiecke besitzt.* Folglich werden durch die dritte Dimension des Raumes Widersprüche oder Antinomien unseres Verstandes beseitigt, welche derselbe ohne diese dritte Dimension zwischen begrifflich identischen und anschaulich verschiedenen Figuren in der Wirklichkeit antreffen würde. Auf diese Weise würde also ein klarer Verstand, welcher vermöge der Unvollkommenheit des mit ihm verbundenen Organismus nur eine Raumanschauung von zwei Dimensionen besäße, »durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben« diese beschränkte Raumanschauung » allmählich umarbeiten «^{*71)} und auf diese Weise zu unserer gegenwärtigen Raumanschauung von drei Dimensionen gelangen. Denn ohne die Anschauung der dritten Dimension würde der Verstand in jeder perspektivischen Verkleinerung, Verschiebung und Verdeckung von Objekten unerklärte Wunder zu erblicken genötigt sein, indem alle diese Veränderungen der Größe der gereizten Netzhautfläche nur auf adäquate Veränderungen der Objekte selber bezogen werden könnten, denen man alsdann die Fähigkeit eines plötzlichen Verschwindens und Wiedererscheinens beilegen müsste, ohne sich Rechenschaft von dem Orte geben zu können, in welchem sie sich während ihrer Abwesenheit befanden und von welchem sie wieder kommen.

Alle diese Widersprüche lassen sich nur durch die Annahme der dritten Dimension des Raumes beseitigen, und zwar ganz in derselben Weise, wie nur durch Annahme der dritten Dimension die astronomischen Erscheinungen auf der scheinbaren Fläche des Himmels gewölbes widerspruchsfrei erklärt werden können. Die Entwicklung der Astronomie zeigt uns das allmähliche Entstehen der dritten Dimension am Himmel im bewussten Erkenntnisprozess, während wir uns dieses empirisch-psychologischen Ursprunges in den Orientierungsprozessen des täglichen Lebens nicht mehr bewusst sind.

Dass es nun aber auch bei unserer gegenwärtigen Raumanschauung von drei Dimensionen noch Antinomien gibt, und zwar nicht nur physikalische, sondern in

***) LXXIV** erster Linie auch geometrische von ganz derselben Gattung wie die oben bei der Kongruenz ebener Figuren erwähnte, dies hat zuerst Kant^{*72)} vor 108 Jahren in seiner Abhandlung von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume« (1768) nachgewiesen. In der Tat lässt sich der Unterschied, welcher zwischen kongruenten und symmetrischen räumlichen Gestalten, wie sie z.B. zwischen einem Objekte und seinem Spiegelbild existieren, nicht anders begrifflich ausdrücken, als dass man die vollkommen identische relative Lage der einzelnen Teile solcher Gestalten auf einen Ort bezieht, der außerhalb des Objektes liegt, und daher mit der relativen Lage und Größe der Begrenzungsstücke, durch welche wir die

71 Riemann, Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Abhandl. d. Königl. Ges. d. W. zu Göttingen. Bd. XIII. ZÖLLNER, Elektrodynamische Theorie der Materie.

72 Kant's Werke, Bd. V, p. 293 ff. Ausgabe von Rosenkranz.

geometrischen Eigenschaften eines räumlichen Gebildes erschöpfend definieren, in gar keiner Beziehung steht. Hieraus zieht Kant a.a.0. den Schluss:

» dass der absolute Raum unabhängig von dem Dasein aller Materie und selbst als der erste Grund der Möglichkeit ihrer Zusammensetzung eine eigene Realität habe«^{**73)}

» ... weil nur durch ihn das Verhältnis körperlicher Dinge möglich ist, und dass, weil der absolute Raum kein Gegenstand einer äußeren Empfindung, sondern ein Grundbegriff ist, der alle dieselbe zuerst möglich macht, wir dasjenige, was in der Gestalt eines Körpers lediglich die Beziehung auf den reinen Raum angeht, nur durch die Gegenhaltung mit andern Körper wahrnehmen können «^{**74)}.

Könnte nun diese geometrische Antinomie an Gebilden von drei Dimensionen in ähnlicher Weise wie die in einem früheren Stadium unserer Verstandesentwicklung vorhandene Antinomie an Gebilden von zwei Dimensionen, **dadurch aufgelöst werden, dass man die Zahl der Dimensionen des Raumes um eine erhöht, so würde in einem Raume von vier Dimensionen jene Antinomie verschwinden.** Mit dieser hier begrifflich angedeuteten Möglichkeit von der theoretischen Entwicklung einer vierten Dimension des Raumes darf jedoch nicht die anschauliche und praktische Entwicklung derselben verwechselt werden. Letztere würde sich vielmehr nur unter dem Einfluss einer derartig veränderten Organisation unseres Körpers entwickeln können, dass wir jederzeit willkürlich im Stande sind, solche Operationen mit Körpern vorzunehmen, welche in ähnlicher Weise die Symmetrie kongruenter räumlicher Gebilde aufheben, wie das Umwenden die Symmetrie kongruenter ebener Gebilde aufhebt, also in beiden Fällen ohne Veränderung der relativen Lage einzelner Teile dieser Gebilde.

Diese Andeutungen über den Zusammenhang unserer räumlichen Anschauungsformen mit den durch die Erfahrung gegebenen Erscheinungen, mögen genügen, um meine Behauptung zu rechtfertigen, dass der Ursprung und die Erweiterung

LXXV

unserer Anschauungsformen und der eng damit verknüpfte Fortschritt der Naturerkenntnis durch Tatsachen bedingt ist, welche uns die Erfahrung liefert, und durch Antinomien, zu welchen der Verstand durch Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde auf jene empirischen Tatsachen geführt wird. Jede Beseitigung einer auf wirklicher Erfahrung beruhenden Antinomie führt notwendig zu einer Erweiterung der bisherigen Grenzen unserer Anschauungsformen und hierdurch gleichzeitig zu einer Erweiterung der Grenzen unserer Naturerkenntnis. Hieraus ergibt sich, dass die physikalischen Gesetze für die Wechselwirkung von diskreten

73 p. 294 a. a. 0.

74 p. 301 a. a. 0.

Massen in engem Zusammenhang mit unseren räumlichen Anschauungsformen stehen, was bereits Kant vor 129 Jahren mit folgenden Worten angedeutet hat:

»» Es ist wahrscheinlich, dass die dreifache Abmessung des Raumes von dem Gesetze herrühre, nach welchem die Kräfte der Substanzen ineinander wirken.«

»» Die dreifache Abmessung scheint daher zu rühren, weil die Substanzen in der existierenden Welt so ineinander wirken, dass die Stärke der Wirkung sich wie das Quadrat der Weiten umgekehrt verhält«^{*75}).

Diesen Zusammenhang der Eigenschaften des Raumes mit dem Gesetze der Wechselwirkung zweier Körper durch das allgemeine Gesetz der elektrischen Induktion zu erläutern, war der wesentliche Zweck der vorangehenden Erörterungen.«

Zwei Monate, nachdem diese Worte gedruckt waren, kamen mir die ganz vor Kurzem erschienenen und bereits oben angeführten gesammelten mathematischen Werke von B. Riemann zu Gesicht, in denen sich auf S. 489 unter der Überschrift »Erkenntnistheoretisches« zu meiner lebhaften Freude die folgenden Betrachtungen befinden, die ich zur Erläuterung und Bestätigung meiner obigen Deduktionen hier wörtlich mitteile:

»Versuch einer Lehre von den Grundbegriffen der Mathematik und Physik als Grundlage für die Naturerklärung.« »Naturwissenschaft ist der Versuch, die Natur durch genaue Begriffe aufzufassen.

Nach den Begriffen, durch welche wir die Natur auffassen, werden nicht bloß in jedem Augenblick die Wahrnehmungen ergänzt, sondern auch künftige Wahrnehmungen als notwendig, oder, insofern das Begriffssystem dazu nicht vollständig genug ist, als wahrscheinlich vorher bestimmt; es bestimmt sich nach ihnen, was womöglich« ist (also auch was »notwendig« oder wessen Gegenteil unmöglich ist), und es kann der Grad der Möglichkeit (der „Wahrscheinlichkeit «) jedes einzelnen nach ihnen möglichen Ereignisses, wenn sie genau genug sind, mathematisch bestimmt werden.

LXXVI

Tritt dasjenige ein, was nach diesen Begriffen notwendig oder wahrscheinlich ist, so werden sie dadurch bestätigt, und auf dieser Bestätigung durch die Erfahrung beruht das Zutrauen, welches wir ihnen schenken. Geschieht aber etwas, was nach ihnen nicht erwartet wird, also nach ihnen unmöglich oder unwahrscheinlich ist, so entsteht die Aufgabe, sie so zu ergänzen oder, wenn nötig, umzuarbeiten, dass nach dem vervollständigten oder verbesserten Begriffssystem das Wahrgenommene aufhört, unmöglich oder unwahrscheinlich zu sein. Die Ergänzung oder Verbesserung des Begriffssystems bildet die »Erklärung« der unerwarteten Wahrnehmung. Durch diesen Prozess wird unsere Auffassung der Natur allmählich immer vollständiger und richtiger, geht aber zugleich immer mehr hinter die Oberfläche der Erscheinungen zurück.

Die Geschichte der erklärenden Naturwissenschaften, so weit wir sie rückwärts verfolgen können, zeigt, dass dieses in der Tat der Weg ist, auf welchem unsere Naturerkenntnis fortschreitet. Die Begriffssysteme, welche ihnen jetzt zu Grunde liegen, sind durch allmähliche Umwandlung älterer Begriffssysteme entstanden, und die Gründe, welche zu neuen Erklärungsweisen trieben, lassen sich stets auf Widersprüche oder Unwahrscheinlichkeiten, die sich in den älteren Erklärungsweisen herausstellten, zurückführen.

Die Bildung neuer Begriffe, so weit sie der Beobachtung zugänglich ist, geschieht also durch jenen Prozess.«

Diese Worte Riemann's enthalten also, wie man sieht, eine vollkommen identische Deduktion des Ursprunges unserer Anschauungsformen und der Prinzipien zu ihrer

75 Kant's Werke, Bd. V, p. 26. Ausgabe von Rosenkranz.

Erweiterung, wie ich sie oben zu entwickeln versuchte. Wenn man so häufig behaupten hört, **man könne sich eine vierte Dimension des Raumes nicht vorstellen**, so behaupte ich die gleiche Unmöglichkeit von der dritten Dimension. Was wir nämlich als Vorstellung oder Anschauung der dritten Dimension bezeichnen, ist nichts anderes, als die Vorstellung oder Anschauung von veränderlichen Wirkungen der Objekte auf uns, die wir durch Annahme jener dritten Dimension widerspruchslos in Zusammenhang bringen, d.h. erklären oder begreifen können. Es kann sich also nur um die Frage handeln, ob wir uns solche veränderlichen Wirkungen der sinnlich wahrgenommenen Dinge auf uns und auf einander vorstellen können, **welche widerspruchsfrei nur durch die Annahme einer vierten Dimension des Raumes erklärt werden könnten**. So lange derartige Wirkungen (Erscheinungen) empirisch nicht beobachtet worden sind, können wir uns dieselben durch Analogie sogar sehr leicht vorstellen. Dieselben würden in ähnlichen Verzerrungen, Größenveränderungen und partiellen Verschwinden u.s.w. von körperlichen Gebilden bestehen, wie wir sie faktisch auf unserer Netzhaut an Gebilden von zwei Dimensionen beobachten können. Ebenso wie unser Verstand diese letzteren Veränderungen widerspruchsfrei durch die Veränderung räumlicher Beziehungen von Objekten in drei Dimensionen erklärt, die wir als Körper anschauen, ebenso müssten die oben gedachten Veränderungen durch Veränderung der räumlichen Beziehungen **von Objekten in vier Dimensionen zu unserem Körper** erklärt werden.

Zur weiteren Erläuterung meiner Anschauungen von der Zulässigkeit und Notwendigkeit der Annahme einer vierten Dimension des Raumes zur Erklärung der Welt glaube ich nichts Besseres tun zu können, als hier wörtlich diejenigen Betrachtungen mitzuteilen, welche ich mir im Laufe der letzten Jahre hierüber schriftlich aufgezeichnet habe, und in welchen man die langsame aber stetige Entwicklung dieser Ideen am deutlichsten zu erkennen im Stande sein wird.

1875. März 15 .

Die Dimensionen des Raumes sind entstanden durch die Verwandlung der Veränderung intensiver Größen in extensive lineare Größen, wodurch die intensiven Größen objektiv ihrer Veränderlichkeit entkleidet werden können. Man kann auch sagen wir versuchen unter Anwendung des Kausalgesetzes die Veränderungen intensiver durch die Veränderung extensiver Größen zu erklären.

1875. Mai 26 .

Ueber den Ursprung der dritten Dimension des Raumes. Die Objekte erzeugen durch Einwirkung auf unsern Organismus Veränderungen der Empfindung. Diese Veränderungen können sowohl ihrer Ausdehnung auf der gereizten Hautfläche als auch ihrer Intensität nach durch zwei gänzlich von einander verschiedene Ursachen erklärt werden. Nämlich

erstens: durch eine Veränderung in der Ausdehnung und Intensität des Objektes, bei unveränderter Beziehung desselben zum empfindenden Subjekt;
zweitens: durch eine Veränderung der Beziehung zum Subjekte bei unveränderter Beschaffenheit des Objektes.

Die dritte Dimension des Raumes ist nun nichts anderes als ein Ausdruck für die Möglichkeit der zuletzt erwähnten Veränderung in der Beziehung der Objekte zu unserem empfindenden Subjekte, d. h. für die Möglichkeit, Veränderungen in der Einwirkung äußerer Objekte auf unseren Organismus (Erscheinungen) auch ohne Veränderungen in der Beschaffenheit dieser Objekte zu erklären. Die erste Bedingung für die Erklärbarkeit der Erscheinungen im Raume, d. h. für ihre begriffliche Zurückführung auf das Verhältnis von Ursache und Wirkung, besteht darin, dass begrifflich identische Erscheinungen auch anschaulich identisch sind.

Diese Bedingung auf das Gebiet geometrischer Anschauungen angewandt, welche als solche allen Naturerklärungen zu Grunde liegen, ist gleichbedeutend mit der Forderung, dass geometrische Gebilde, welche begrifflich nicht zu unterscheiden sind so weit diese Unterscheidung sich lediglich auf Lage, Form und Größe der das Gebilde konstituierenden Elemente bezieht - auch anschaulich nicht zu unterscheiden sind. Es müssen daher begrifflich identische Gebilde in eine solche Beziehung zu unserem empfindenden Körper versetzt werden können, dass dieselben eine vollkommen identische Wirkung auf unseren Körper ausüben.

Die räumlichen Gebilde von zwei Dimensionen genügen dieser Bedingung, indem begrifflich identische Gebilde einander kongruent sind, d. h. zur Deckung gebracht werden können.

Empirisch ist jedoch die Möglichkeit dieser Operation an die Möglichkeit des Umwendens ebener Figuren geknüpft, ein Prozess, der nur durch die dritte Dimension des Raumes ermöglicht ist. Für eine Welt von zwei Dimensionen wäre also die Erklärbarkeit aller in ihr stattfindenden Erscheinungen nur für solche Wesen möglich, welche vermöge einer dritten Dimension im Stande wären, begrifflich identische Gebilde jederzeit in solche Lagen zu bringen, dass auch anschaulich gleiche Gebilde entstünden. Für Wesen aber, welche nur die Vorstellung eines Raumes von zwei Dimensionen besitzen, könnte es unbegreifliche Erscheinungen geben, weil zwei begrifflich gleiche Figuren, welche durch die Größe und relative Lage ihrer Elemente als übereinstimmend definiert sind, nur dann auch anschaulich gleich gemacht werden könnten, wenn hierzu nicht mehr, (wie bei symmetrischen Figuren z.B. ► ◀) der Prozess des Umklappens erforderlich ist.

Im Raume von drei Dimensionen gibt es nun aber Unterschiede an Körpern wie Kant zuerst 1768 »von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume« nachgewiesen hat – welche begrifflich identisch, aber anschaulich so verschieden von einander sind, dass der eine nicht an die Stelle des andern gesetzt werden kann. Rechte und linke Hand, rechts und links gewundene Schnecken, symmetrische, räumliche Gebilde wie ein Objekt und sein Bild in einem Planspiegel.) Hieraus folgt, dass es im Raume von drei Dimensionen Erscheinungen geben kann, welche für uns unerklärlich sind, d.h. auf das Verhältnis von Ursache und Wirkung nicht zurückführbar erscheinen. Soll also unsre Welt der Erscheinungen erklärbar sein, d.h. soll diese Erklärbarkeit ihrer theoretischen Möglichkeit nach garantiert sein, **so muss der Raum vier Dimensionen besitzen.**

Das aprioristische Element in der Raumanschauung ist das Kausalgesetz, alles Andere ist empirisch.

1875. Oktober 13 .

Die Existenz von wahrgenommenen Unterschieden kann durch zwei wesentlich verschiedene Ursachen erklärt werden. Erstens durch Verschiedenheiten der Objekte selber, zweitens durch Verschiedenheiten in der Beziehung der Objekte zu uns und anderen Objekten. Diese zweite Klasse von Ursachen zur Erklärung von Unterschieden

seien es gleichzeitige bei einer Mehrheit von Objekten, seien es auf einander folgende an demselben Objekte (Veränderungen) — nennen wir Raum. Hierin liegt die Beziehung des Raumes zur Kausalität und Kraft.

1876. Januar 23 .

Die Antinomien der kosmologischen Idee (vgl. Kant Kritik der reinen Vernunft und *Prolegomena*) werden im Gebiete der bewussten Verstandesoperationen in ähnlicher Weise zur Erweiterung unserer Raumvorstellung z. B. zur vierten Dimension führen, wie die Widersprüche, welche im Gebiete der unbewussten Verstandesoperationen für eine Rauman-

schauung von zwei Dimensionen den Veränderungen der Netzhautbilder gegenüber existieren würden, zur dritten Dimension geführt haben. In der Astronomie hat sich dieser Prozess des Entstehens der dritten Dimension noch im Gebiete der bewussten Verstandesoperationen vollzogen. Wir befinden uns heute der Gesamtheit aller sinnlichen Erscheinungen gegenüber in derselben Entwicklungsphase der räumlichen Anschauungsformen, wie zur Zeit des Kopernikus in der Astronomie. Damals lieferte die dritte Dimension des Himmelsgewölbes den Schlüssel zur Erklärung der himmlischen Bewegungen, in Zukunft wird die Annahme einer vierten Dimension den Schlüssel zur Erklärung aller Erscheinungen im Raume von drei Dimensionen liefern.

1876. März 3.

Raum ist nur ein anderer Ausdruck für die durch Erfahrung gefundene Tatsache, dass die Wirkungen eines Körpers auf uns und andere Körper sich ändern können, ohne dass jener Körper sich ändert.

Die formale Gesetzmäßigkeit dieser Veränderungen, von deren Existenz wir durch die Erfahrung Kenntnis erhalten haben, ist der Inhalt der Geometrie. Hieraus folgt, dass der Raum von drei Dimensionen aus dem Gesetze entsprungen ist, nach welchem sich die Wechselwirkung der Körper ändern kann, ohne dass diese sich selber ändern.

1876. März 8.

Wenn die Erscheinungen (Körper) im Raume von drei Dimensionen Projektionen von Objekten eines Raumes von vier Dimensionen wären, so müsste einer jeden Erscheinung im Raume von drei Dimensionen eine komplementäre zweite Erscheinung entsprechen, deren Eintritt nicht gleichzeitig mit der ersten stattfinden kann, obschon sie im Raume von vier Dimensionen gleichzeitig mit der ersten existiert.

Erläuterung. Es werde ein ebenes Dreieck durch Schattenprojektion auf eine Ebene projiziert. Zu dieser Projektion gehört ein symmetrisches Gegenstück, welches erscheint, wenn das ebene Dreieck im Raume von drei Dimensionen umgewendet wird, d. h. in eine andere räumliche Beziehung zur Projektionsfläche gesetzt wird. Zu dieser Umwendung ist eben die dritte Dimension erforderlich, d. h. ein Raum von einer um eine Dimension höheren Ordnung als die Projektionsfläche. Da zu dieser Umwendung Zeit gehört, so können die primären Schattenprojektionen und ihre symmetrischen Komplemente nicht gleichzeitig auf der Projektionsfläche erscheinen.

1876. Mai 14.

In Begriffen ausgedrückt und verallgemeinert ist der Raum nichts anderes als die zur widerspruchsfreien Erklärung der Erscheinungen notwendige Hypothese, dass die Größe und Beschaffenheit Intensität und Qualität einer Wechselwirkung nicht bloß abhängig ist von der Quantität des Wirkenden, sondern gleichzeitig auch von einer Beziehung der in Wechselwirkung tretenden Ursachen. Diese Beziehung nennen wir in einem speziellen Falle - besonders für die durch unser Gesicht vermittelten Beziehungen, den Raum, wobei dann den wirkenden Ursachen die Bezeichnung Körper beigelegt wird.

1876. Mai 20.

Für die Ansicht, dass die sinnlich wahrnehmbare Welt nur ein Projektionsphänomen einer andern Welt von Objekten in einem Raume von vier Dimensionen sei, ist es sehr bemerkenswert, dass die letzten Elemente, in welche die physikalische Forschung die materiellen Erscheinungen aufzulösen vermag, nur Elemente des Raumes und der Zeit und deren Verhältnisse enthalten.

*Geschwindigkeit = Verhältnis einer Länge zur Zeiteinheit;
Kraft = Verhältnis einer Geschwindigkeitsänderung zur Zeiteinheit;
Masse = Verhältnis einer Kraft zu einer Beschleunigung.*

Qualitativ finden wir nun genau dieselben Elemente, und zwar nur diese, durch Analyse in einer Schattenprojektion wieder, welche ihre Bedeutung und ihren Inhalt lediglich erst durch die uns bekannte Beziehung zu dem schattenwerfenden Objekte

erhält. Ist unser beseelter Körper dieses projizierte Objekt und würden wir durch besondere Verhältnisse genötigt sein, zeitlebens nur unseren Schatten auf jener Projektionsfläche zu sehen, so würden wir unzweifelhaft diesen Schatten für unseren empfindenden Leib halten und würden anderen beweglichen Schatten dieselbe Körperlichkeit beilegen. Auch würden wir diesen Schatten die Eigenschaft der körperlichen Tastbarkeit und

Undurchdringlichkeit als wesentliche und notwendige Eigenschaften beilegen, so lange wir ausnahmslos die Beobachtung machten, dass jedes mal, wenn der Schatten unseres eigenen Körpers mit dem Schatten eines anderen Körpers sich berührt, in uns das Gefühl einer Druck- oder Tastempfindung erzeugt würde. Wir würden uns aber in unserer Voraussetzung, dass jener Zusammenhang ein notwendiger und daher die Undurchdringlichkeit und Tastbarkeit der Körper (Schatten) eine wesentliche Eigenschaft ihrer materiellen Elemente sei, täuschen. Denn sobald die Objekte, deren Schatten wir für Körper halten, sich in einer Richtung senkrecht zur Projektionsfläche bewegen und hintereinander verschieben, müssen sich ihre Schatten decken und einander durchdringen, ohne dass weder für uns noch für die schattenwerfenden Objekte eine Druckempfindung oder irgend eine Veränderung der relativen Lage ihrer Teile entstünde.

Um zu zeigen, wie nahe wir uns bereits der Zeit befinden, in welcher sich diese Betrachtungen zur Erklärung des Phänomens der Welt als notwendige herausstellen werden und eine Flut literarischer Produktionen erzeugen werden, erlaube ich mir hier zunächst die folgenden Worte aus einer im vorigen Jahre erschienenen und die Probleme der neueren Geometrie in klarer Weise behandelnden Schrift ^{*76)} anzuführen:

»Übrigens dürfte die Wahrscheinlichkeit, dass wir einmal veranlasst würden, mit den drei Koordinaten unseres Raumes eine vierte Bestimmungsgröße so zu verbinden, dass wir von einem vierseitigen Raume reden könnten, sehr gering sein, denn bislang hat sich noch nichts Unerklärliches von einer Art gezeigt, die wir dem Durcheinanderhuschen der Schatten auf einer beleuchteten Fläche vergleichen könnten. Käme uns aber diese Veranlassung, so würden wir wohl einen Rechnungsraum unterscheiden müssen von dem, worin wir uns bewegen. In diesem Falle würde vielleicht auch die sogenannte absolute Geometrie sich nicht als in vollem Umfange gültig ausweisen. Da wir die Gebilde unseres Raumes, wenn ein zusammengesetzterer existierte, als durch Projektion (einseitige Betrachtung, Abstraktion, Elimination, aus den Gebilden dieses entstanden zu betrachten hätten, so würde jedem unserer Raumgebilde eine unendliche Mannigfaltigkeit höherer Gebilde entsprechen, also ein Schluss

LXXXII von unseren auf diese sei es bezüglich der Kongruenz oder in anderer Rücksicht ganz unzulässig sein. Aber auch für unsern Raum hätten solche Sätze nur den Werth von Näherungen und Wahrscheinlichkeiten, wenn eine Krümmung zu vermuten. Denn selbst darauf können wir nicht bauen, dass der Unterschied zwischen Symmetrie und Kongruenz körperlicher Figuren in jenem verschwinde, wie in unserem Raume derselbe für ebene Figuren. Aber es bliebe den betreffenden Untersuchungen doch das Verdienst, klar gemacht zu haben, dass die Voraussetzungen der Geometrie Tatsachen der Erfahrung, nicht Postulate unseres Erkenntnisvermögens sind, und welches diejenige Voraussetzung der elementaren Geometrie ist, an welcher man zuerst zu ändern hätte. Weiter forschend haben Riemann und Helmholtz das einfachste System von Voraussetzungen resp. Erfahrungstatsachen aufgestellt, aus welchen sich das Gebäude der Lehrsätze unserer Geometrie herleiten lässt. Man hätte alsdann nur nötig zu untersuchen, welchen von diesen Voraussetzungen die neuen Tatsa-

76 Grundlagen der Raumwissenschaft von Dr. Funcke in Neumünster. Hannover (Rümpler) 1875, p. 109.

chen widersprüchen, und welche Erweiterung oder Abänderung derselben sie erforderten, ohne dass man jeden einzelnen Satz unserer Geometrie an den Erfahrungen zu erproben brauchte.«

Die neueste Verteidigung für die Notwendigkeit und Berechtigung dieser Erweiterung unserer räumlichen Anschauungsformen stammt von meinem hochverehrten Collegen Drobisch, und ist in einer vom 23. April 1876 datierten Abhandlung ^{*77}): »Einige elementare Bemerkungen über den Raum von drei Dimensionen enthalten. Drobisch schließt seine Betrachtungen mit folgenden Worten:

*Ob man eine stetige Mannigfaltigkeit von mehr als drei Dimensionen, in welcher die von einander unabhängigen veränderlichen Größen demselben gesetzlichen Zusammenhang unterworfen sind, wie die Größen unserer analytischen Geometrie, einen Raum nennen darf, oder ihr, wie mehrere Philosophen der Gegenwart ^{**78}), diese Benennung versagen zu müssen glaubt, weil wir uns weder von einer solchen Mannigfaltigkeit noch von den aus ihrer Voraussetzung gezogenen Konsequenzen eine anschauliche Vorstellung zu machen vermögen, scheint zuletzt auf einen Wortstreit hinauszulaufen. Jedenfalls ist nicht einzusehen, warum es nicht gestattet sein sollte, dem Worte » Raum a eine erweiterte Bedeutung beizulegen, nämlich damit einen Gegenstand zu bezeichnen, von dem wir uns zwar nicht eine*

LXXXIII anschauliche Vorstellung, wohl aber einen bestimmten Begriff zu bilden im Stande sind, der schon deshalb nicht nutzlos ist, weil er uns das Anschauliche als speziellen Fall des denkbaren Allgemeineren erkennen lässt. Zu erklären, warum unsere Einbildungskraft an die Schranken von gerade drei Dimensionen der räumlichen Ausdehnung gebunden ist, fällt der Erkenntnistheorie als Aufgabe zu. Man führt diese Beschränktheit entweder mit Kant seit seiner berühmten Inauguraldissertation v. J. 1770) auf eine nicht weiter erklärbare Organisation unseres menschlichen Anschauungsvermögens zurück, zerhaut aber damit eigentlich nur den Knoten; oder man versucht es, wie Andere nach Kant, diese Beschränktheit als eine allgemeine und notwendige, für jede denkbare Intelligenz gültige nachzuweisen. Seitdem aber Riemann und Helmholtz gezeigt haben, dass die Fundamente der Euklidischen Geometrie Voraussetzungen enthalten, die sich nicht als notwendige Folgen aus allgemeinen Begriffsbestimmungen ableiten lassen, sondern aus der Erfahrung geschöpft sein müssen, kann der Erklärungsgrund jener Beschränktheit unserer Einbildungskraft nur in dem, wenigstens teilweise empirischen Ursprung unserer Raumvorstellung gesucht werden.

*Es ist mindestens von historischem Interesse, zu bemerken (was wenig bekannt zu sein scheint), dass Kant in seiner Erstschrift v. J. 1747: »Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte« (10) den Versuch gemacht hat, »die dreifache Abmessung des Raumes « aus dem Gesetz, nach dem » die Substanzen in der existierenden Welt auf einander wirken«, nämlich dem Gravitationsgesetz zu erklären ^{*79}), aber mit dem Zusatz, dass, » aus einem andern Gesetz auch eine Ausdehnung von anderen Eigenschaften und Abmessungen geflossen wäre«, und dass er, wie ein Seher der Zukunft, diese Betrachtung mit den denkwürdigen Worten schließt: »»eine Wissenschaft von allen diesen möglichen Raumarten wäre Unfehlbar die höchste Geometrie, die ein endlicher Verstand unternehmen könnte.«*

Wenn nun meine Behauptung begründet ist, dass dasjenige, was wir Raum nennen, erst aus dem intellektuellen Bedürfnis entsprungen ist, die früher als dieses Bedürfnis vorhandene und durch Empfindungen vermittelte empirische Tatsache der Wechselwirkung (zwischen den Objekten und unserem Körper) widerspruchsfrei zu erklären, so kann die Wechselwirkung nicht mittelst Hypothesen erklärt werden, welche bereits räumliche Vorstellungen voraussetzen, wie dies z. B. der Fall ist, wenn man hierzu die Reaktion von

77 Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. Sitzung am 23. April 1876. S. 272.

78 z. B. Lotze (Logik, 1874, S. 227), Dühring (Kritische Geschichte der Prinzipien der Mechanik, 1873, S. 488), M. Tobias (Grenzen der Philosophie, constatirt gegen Riemann und Helmholtz, 1875, S. 38—79); wogegen F. A. Lange (Geschichte des Materialismus, 2. Aufl., 1875, II. S. 450; die Mathematiker in einsichtsvoller Weise rechtfertigt.

79 Bekanntlich leitete er später in den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft) umgekehrt das Gravitationsgesetz *a priori* aus der kugelförmigen Ausbreitung des Raumes ab, worin ihm jedoch schon Halley vorangegangen war.

LXXXIV Volumenelementen eines kontinuierlichen Fluidums anwendet. In diesem Umstand liegt für mich die erkenntnistheoretische Notwendigkeit der Atomistik, d. h. der diskontinuierlichen Raumerfüllung. Es ist dies gleichzeitig derjenige Punkt, in welchem meine Anschauungen wesentlich von denen Riemann's abweichen, wenn derselbe bei Entwicklung einer allgemeinen Formel, welche gleichzeitig die Aktionen des Lichtes und der Gravitation umfassen soll, Folgendes bemerkt:⁸⁰

» Diese letztere Action lässt sich zerlegen in Bestrebungen, die einzelnen Glieder der Summe ?... möglichst klein zu erhalten, d. h. in Anziehungen und Abstoßungen zwischen je zwei Punkten, und dies würde zu der gewöhnlichen Erklärung der Bewegungsgesetze aus dem Gesetze der Trägheit und Anziehungen und Abstoßungen zurückführen; sie lässt sich aber bei allen uns bekannten Naturkräften auch auf Kräfte, welche zwischen benachbarten Raumelementen tätig sind, zurückführen, wie im folgenden Artikel an der Gravitation erläutert werden soll.«

Wie bemerkt, halte ich die letztere Erklärung unter der oben angegebenen Bedingung für logisch unzulässig, denn es würde offenbar ein Zirkelschluss darin liegen, wenn man erst den Ursprung unserer Raumschauung aus der Wechselwirkung ableitet und alsdann diese wieder mit Hilfe der aus der Raumschauung entlehnten Elemente zu erklären versucht.

Ich glaube eine Bestätigung für die Richtigkeit dieser Argumentation in Worten erblicken zu dürfen, welche Sie selber, hochverehrter Freund, vor langer Zeit schriftlich an Fechner gerichtet haben. Derselbe hat Ihre Worte in seiner Schrift „Über die physikalische und philosophische Atomlehre“ (2. Aufl. 1864) auf S. 88 in folgender Weise angeführt:

»Ich glaube endlich diesen Abschnitt nicht besser schließen zu können, als mit folgender Stelle aus dem Schreiben Professor Wilhelm Weber's an mich, in dem er seinerseits den Vorwurf eines groben Materialismus von der Atomistik ablehnt, und auf die wir uns noch künftig zurück zu beziehen Anlass finden werden: »» Es kommt«, sagt er, »darauf an, in den Ursachen der Bewegungen einen solchen konstanten Teil auszusondern, dass der Rest zwar veränderlich ist, seine Veränderungen aber bloß von messbaren Raum- und Zeit-Verhältnissen abhängig gedacht werden können. Auf diesem Wege gelangt man zu einem

LXXXV Begriff von Masse, an welcher die Vorstellung von räumlicher Ausdehnung gar nicht haftet. Konsequenterweise wird dann auch die Größe der Atome in der atomistischen Vorstellungsweise keineswegs nach räumlicher Ausdehnung, sondern nach ihrer Masse bemessen, d. i. nach dem bei jedem Atome konstanten Verhältnis, in welchem bei diesem Atome die Kraft zur Beschleunigung immer steht. Der Begriff von Masse sowie auch von Atomen ist hiernach ebenso wenig roh und materialistisch wie der Begriff von Kraft, sondern ist demselben an Feinheit und geistiger Klarheit vollkommen gleich zu setzen.««

Besäße der Raum nun wirklich nur drei Dimensionen, so wären wir logisch genötigt, in solche Atome Empfindung, Gedächtnis und eine intellektuelle Fähigkeit zur Kausalität zu verlegen, um hierdurch die empirisch bewiesene Existenz dieser Fähigkeiten in komplizierten Aggregaten solcher Atome, die wir Organismen nennen, begreiflich zu machen. Eine solche Annahme hat aber für unser instinktives Gefühl bereits so viel Widerstrebendes ganz abgesehen von der Schwierigkeit, die Einheit aller dieser Funktionen im Bewusstsein höherer Aggregate zu erklären dass auch der

80 Gesammelte Abhandlungen a.a.0. S. 496,

bewusste Verstand das Bedürfnis empfindet, sich von diesem Widerstreben Rechenschaft zu geben. **Besitzt nun aber der Raum noch eine vierte Dimension, so können wir jene Atome und die kompliziertesten ihrer Aggregate als Projektionen von Objekten einer anderen Welt betrachten.** Ebenso wenig wie wir unseren Schatten als den Sitz von Empfindungen und Vorstellungen betrachten, obschon alle Veränderungen dieser Schatten durch Empfindungsvorgänge in uns ihre Bedeutung erhalten, ebenso wenig, wie wir in die veränderlichen Bilder der Dinge auf unserer Netzhaut die Eigenschaften der Objekte verlegen, deren Projektionen sie sind, ebenso wenig ist man unter Voraussetzung eines Raumes **von vier Dimensionen** genötigt, sich die fundamentalen Eigenschaften der Materie in den Elementen unseres dreidimensionalen Raumes *lokalisiert* vorzustellen.

Die fortschreitende Erkenntnis wird sich daran gewöhnen müssen, unsere ganze, scheinbar so reale, Welt in ähnlicher Weise als ein Projektionsphänomen einer anderen Welt von Objekten zu betrachten, wie wir dies mit den Bildern unserer Netzhaut tatsächlich den Objekten unserer gegenwärtigen Welt gegenüber tun. Ebenso wie mit wachsender Entfernung der Objekte

LXXXVI nach der dritten Dimension die Bilder auf der Netzhaut immer gleichartiger und unterschiedsloser werden trotzdem die Objekte selber unveränderlich den Reichtum ihrer ganzen Mannigfaltigkeit bewahren, bis sie sich, wie die Himmelskörper, in leuchtende Punkte verschiedener Helligkeit verwandeln, ebenso verwandeln sich die Objekte bei ihrer Entfernung nach der vierten Dimension in immer kleinere und unterschiedslosere Gebilde, die wir bei der Materie überhaupt als Atome, bei den Organismen als gleichartige Zellen wiederfinden. Durch die Existenz einer vierten Dimension wird die jetzt paradox erscheinende Behauptung begreiflich, dass zwei körperlich vollkommen gleichartige Dinge, z. B. die Eizelle eines Menschen und eines Affen, dennoch zwei gänzlich verschiedenen Objekten angehören, deren Projektionen jene Zellen sind.

Darin grade liegt das Charakteristische des Raumes überhaupt, dass er unserem Verstand die Möglichkeit eröffnet, veränderliche Erscheinungen kausal mit unveränderlichen Objekten zu verbinden; die letzteren können durch die ersteren nur gedeutet, niemals unmittelbar erkannt werden. Jene Deutung würde aber um so richtiger und reichhaltiger sein, je reicher der dazu erforderliche Verstand entwickelt ist. Eine Linse und eine Erbse können bei gleicher Größe ihrer kreisförmigen Querschnitte bei passender Lage zur Projektionsfläche zwei vollkommen identische Schattenkreisflächen erzeugen, trotzdem die projizierten Objekte verschieden sind, und umgekehrt, können zwei vollkommen identische Linsen bei verschiedener Lage

zur Projektionsfläche dennoch verschiedene Erscheinungen durch ihre Projektionen hervorrufen.

So paradox diese Auffassung der Welt heute noch vielen Menschen erscheinen mag, das nächste Jahrhundert wird sie zu den Trivialitäten zählen. Auch ist dieselbe keineswegs neu, wie Viele vielleicht glauben dürften, sondern bereits vor mehr als 2200 Jahren mit einer solchen Klarheit und inneren Überzeugung ausgesprochen worden, dass ich es mir nicht versagen kann, hier den Beweis für meine Behauptung mitzuteilen. Kein Geringerer als der göttliche Plato erläutert diese Weltauffassung gleich im Anfang des siebenten Buches im »Staate« mit folgenden Worten:^{*81)}

LXXXVII

Sokrates . Nach diesem nun, fuhr ich fort, vergleiche unsere Natur hinsichtlich des Wissens oder Nichtwissens etwa folgendem Zustande. Denke dir nämlich Menschen wie in einer unterirdischen, höhlenähnlichen Wohnung, deren ausgedehnter, die ganze Höhle entlang sich hin erstreckender Ausgang nach dem Lichte zu offen ist; dass sie in dieser von Kindheit auf an den Schenkeln und Nacken gefesselt sich befinden, sodass sie auf derselben Stelle verharren und nur vorwärts sehen, durch die Fesseln aber außer Stande sind, ihre Köpfe rings herumzudrehen; dass die Erleuchtung ferner ihnen von einem hinter ihnen oben und in der Ferne brennenden Feuer kommt, zwischen dem Feuer und den Gefesselten, über denselben einen Weg; diesen entlang denke dir ein Mäuerchen aufgeführt, wie eine Umhegung, welche Taschenspieler von den Zuschauern trennt, über der sie ihre Wunderdinge zeigen.

Glaukon . Das denk' ich mir.

S. Denke dir nun Menschen, die an diesem Mäuerchen hin mancherlei über das Mäuerchen hervorragende Gerätschaften tragen, sowie steinerne und hölzerne und verschiedenartig gearbeitete Bilder von Menschen und andern Geschöpfen, und dass, wie natürlich, von den Vorbeitragenden die Einen sprechen, die Andern schweigen.

G. Du sprichst da von einem seltsamen Bilde und seltsamen Gefesselten.

S. Die uns gleichen, erwiderte ich; denn glaubst du, dass zunächst solche Gefesselte von sich und von einander wohl etwas Anderes sahen, als die vom Feuer auf den ihnen gegenüberstehenden Teil der Höhle geworfenen Schatten?

G. Wie sollten sie doch, wären sie genötigt, lebenslänglich ihre Köpfe unbewegt zu halten?

S. Was aber von dem Vorübergetragenen? Nicht eben dasselbe ?

G. Was sonst?

S. Wären sie nun im Stande sich miteinander zu unterreden, meinst du nicht, dass sie gewohnt sein würden, Dem, was sie sähen, den Namen der vorüberziehenden Gegenstände selbst zu geben?

G. Notwendig

S. Wie ferner? Wenn ihr Kerker, sollte einer der Vorüberziehenden sprechen, vermittelt der Gegenwand einen Widerhall gäbe, meinst du, dass sie etwas Anderes als den vorüberziehenden Schatten für das Sprechende halten würden?

G. Beim Zeus, das mein' ich nicht.

81 Plato's sämtliche Werke. Übersetzt von Hieronymus Müller. Bd. V. S. 518 f.

S. Durchgängig würden wohl dergleichen Menschen nichts Anderes für das Wahre halten, als den Schatten der verarbeiteten Gegenstände.

G. Sehr notwendig.

S. Erwäge nun, fuhr ich fort, wie wohl ihre Entfesselung und die Heilung ihrer Verblendung beschaffen sein dürfte, wenn auf natürlichem Wege so etwas ihnen widerführe; wenn Einer entfesselt und stracks aufzustehen und den Nacken umzudrehen und fortzuschreiten und zum Lichte aufzublicken genötigt würde, und wenn alle diese Verrichtungen ihm Schmerzen verursachten und der Glanz es ihm unmöglich

LXXXVIII machte, die Gegenstände zu sehen, deren Schatten er früher erblickte: was meinst du, dass er angeben würde, wenn ihm Jemand sagte, er habe damals Gaukelwerk erblickt, jetzt aber sehe er, dem Seienden etwas näher gerückt und dem wirklicher Seienden zugewendet, richtiger, und wenn er ihn, mit Hinweisung auf Jedes der Vorüberziehenden, durch seine Fragen nöthigte, Bescheid zu geben, was es sei? Glaubst du nicht, dass er wohl ungewiss sein und das früher Geschehene für der Wahrheit entsprechender halten würde, als das jetzt ihm Gezeigte?

G. Ei bei weitem.

S. Würde derselbe nicht auch, nöthigte jener ihn, auf das Licht selbst zu blicken, an den Augen Schmerzen empfinden und sich zurückwendend nach den Gegenständen Hüchten, die er zu sehen vermag, und diese in der Tat für deutlicher als die ihm gezeigten halten?

G. So ist's.

S. Wenn ihn aber fuhr ich fort, Jemand von dort mit Gewalt auf rauem und steilem Wege hinaufzöge, und nicht abließ, bis er zum Lichte der Sonne ihn herauszog. würde er da wohl nicht Schmerz empfinden und l'nwillen über das Heraufziehen und, zum Lichte gelangt, die Augen mit Helligkeit erfüllt, nicht einen einzigen der ihm jetzt als die wahren genannten Gegenstände zu erkennen vermögen?

G. So plötzlich wenigstens wohl nicht.

S. Er würde wohl, denk'ich, der Gewöhnung bedürfen, um das oben Befindliche zu sehen, und zuerst wohl am leichtesten die Schatten erkennen, und dann die Bilder der Menschen und die der andern Gegenstände im Wasser, später aber diese selbst. Nach diesen würde er wohl das am Himmel Befindliche, sowie den Himmel selbst zur Nachtzeit, den Blick auf das Licht der Sterne und des Mondes richtend, leichter betrachten als am Tage die Sonne und was mit ihr in Verbindung steht.

G. Wie sollt' er nicht?

S. Zuletzt aber vermag er wohl, denk' ich, nicht Abbilder derselben im Wasser oder an einer andern Stelle, sondern sie die Sonne selbst, für sich selbst, an der Stelle, die sie einnimmt, zu erschauen und zu betrachten.

G. Notwendig.

S. Nach diesem würde er auch wohl bereits über sie die Sonne Betrachtungen anstellen, dass sie die Tagesstunden und den Jahreswechsel herbeiführt und über Alles in der sichtbaren Welt waltet und gewissermaassen die Urheberin von Al-lem ist, was sie sahen.

G. Es liegt zu Tage, dass er nach dem wohl dahin gelangen würde.

S. Doch wie? Glaubst du nicht, dass er wohl, indem er seines früheren Aufenthaltes und der dortigen Weisheit und seiner damaligen Mitgefesselten gedächte, sich selbst wegen der Veränderung glücklich preisen, diese aber bedauern würde?

G. Gar sehr.

S. Gab es aber damals unter ihnen Ehrenbezeugungen, Lobpreisungen und Belohnungen für den, der das Vorüberziehende am scharfsichtigsten erschaute und am

treuesten im Gedächtniss bewahrte, was von ihnen früher, was später, was zusammen zu kommen pflegte, und darnach, so gut wie möglich, was da kommen werde vorausverkündete, meinst du wohl, dass er darauf begierig sein und die von jenen Hochgeehrten und unter ihnen Herrschenden beneiden würde, oder dass es ihm nicht vielmehr nach den Worten des Homeros ergehen und er viel lieber wünschen würde, das Feld einem dürftigen Manne ohne Erbe als Tagelöhner zu bestellen und irgend sonst etwas über sich ergehen zu lassen, als jenen Ruhm davonzutragen und in jener Weise zu leben?

G. Ja, der Meinung bin ich, alles wird er eher über sich ergehen lassen, als in jener Weise zu leben.

S. Auch das überlege dir: Wenn so Einer wieder herabstiege und denselben Sitz einnahme, würden nicht, indem er plötzlich von der Sonne käme, seine Augen mit Dunkelheit erfüllt sein?

G. Ja wohl.

S. Müsste er nun wieder, um jene Schatten zu unterscheiden, mit den dort fortwährend Gefesselten, während er sich geblendet fühlt, einen Wettstreit bestehen, bevor er seine Augen wieder brauchen lernte und wäre diese Zeit der Angewöhnung keine kurze, würde er sich nicht lächerlich machen und von ihm gesagt werden, er sei von seiner Wanderung nach oben mit verderbten Augen zurückgekehrt und es sei nicht der Mühe werth, das Hinaufsteigen auch nur zu versuchen? Und würden sie nicht den, der Jemanden zu entfesseln und hinaufzuführen versuchte, könnten sie irgendwie seiner habhaft werden, sogar wohl tödten?

G. Ei gewiss.

S. Dieses Bild muss man also, mein geliebter Glaukon, in allen seinen Theilen mit dem vorher Gesagten zusammenstellen, indem man unsern, den Augen sichtbaren, Wohnsitz mit der Wohnung im Kerker, die Erleuchtung durch das Feuer in demselben mit der Gewalt der Sonne vergleicht. Wenn du aber das Aufsteigen nach oben und die Betrachtung des oben Befindlichen mit dem Sicherheben der Seele zu dem Bereiche des Gedenkbaren zusammenstellst, so wirst du wenigstens das, was ich hoffe, nicht verkennen, da du auch das zu hören wünschest; aber nur ein Gott weiß wohl, ob es mit der Wahrheit zusammentrifft.

Die Platonische »Idee« und das Kantische »Ding an sich« lassen sich als Objekte von mehr als drei Dimensionen auffassen, welche nicht weniger und nicht mehr Realität wie die Dinge dieser Welt besitzen; mit diesen stehen sie durch eine dem Projektionsprozess analoge Beziehung in einem Kausalitätsverhältnis.

Sollte ich Ihnen nun, mein teurer Freund, die Empfindungen beschreiben, welche bei der Entdeckung dieser mir bis vor Kurzem unbekanntem Stelle in Plato's Werken meine Seele erfüllten, so wüsste ich in der That keinen

XC schöneren Ausdruck derselben zu finden, als denjenigen, mit welchem Kepler seine Freude über die Entdeckung schildert, dass Ptolemäus 1500 Jahre vor ihm »freilich mit weit unvollkommeneren astronomischen Mitteln dieselbe Betrachtung der himmlischen Harmonie« gefunden habe, welche er selber in seiner *Harmonice*

mundi entwickelt hat. Bei dieser Entdeckung bricht Kepler *⁸²) begeistert in die folgenden Worte aus:

» Was bedarf's weiter? Die Natur selbst offenbarte sich den Menschen durch verschiedene Dolmetscher in entlegenen Jahrhunderten; der Finger Gottes, um mit den Hebräern zu reden, war es, dass in der Seele zweier Männer, welche sich ganz in die Betrachtung der Natur vertieft, derselbe Begriff von dem Bau der Welt sich bildete, während keiner den andern dabei geleitet hatte. Nunmehr aber, nachdem mir seit anderthalb Jahren das erste Morgenrot, seit wenigen Monaten der volle Tag, seit wenigen Tagen endlich die reine Sonne der wundervollsten Betrachtung aufgegangen, hält mich nichts mehr zurück; ich will schwärmen in heiliger Begeisterung, ich will die Menschenkinder höhnen mit dem einfachen Geständnis, dass ich die goldenen Gefäße der Ägypter entwende, um meinem Gott ein Gezelt daraus zu bauen, weit entfernt von Ägyptens Grenzen.

XCI

Verzeiht ihr, so freut mich's; zürnet ihr, so trag ich's. Hier werfe ich die Würfel und schreibe ein Buch, zu lesen der Mitwelt oder der Nachwelt, gleich viel; es wird seines Lesers hundert Jahre harren, wenn Gott selbst sechs Jahrtausende lang den erwartet hat, der sein Werk beschauete.«

» O Du, der Du durch das Licht der Natur das Verlangen in uns weckest nach dem Lichte der Gnade, um durch dieses uns überzuführen zum Lichte der Herrlichkeit, ich danke Dir, Schöpfer und Herr, dass Du mich an Deiner Schöpfung ergetzt hast und dass ich über den Werken Deiner Hände frohlocket habe; siehe, nun habe ich vollendet das Werk meines Berufes, ausnützend das Maß der Kräfte, das Du mir verliehen; ich habe die Herrlichkeit Deiner Werke den Menschen geoffenbart, so viel von ihrer Unendlichkeit mein beschränkter Verstand zu fassen vermochte.«

An Sie aber, mein hochverehrter Freund, möchte ich am heutigen Tage dieselben Worte richten, welche vor 279 Jahren Galileo Galilei *⁸³) in einem Briefe an Kepler (d. d. 1597, August 4.) gerichtet hat, indem er freudig bewegt ausruft:

» Ich preise mich glücklich, in dem Suchen nach Wahrheit einen so großen Bundesgenossen wie Dich und mithin einen gleichen Freund der Wahrheit selbst zu besitzen. Es ist wirklich erbärmlich, dass es so Wenige gibt, die nach dem Wahren streben und die von der verkehrten Methode zu philosophieren abgehen möchten. Aber es ist hier nicht der Ort, die Jäm-

82 Kepler und die Astronomie von Reuschle. Zum zweihundertjährigen Jubiläum von Kepler's Geburt am 27. December 1571. S. 126 ff. Im Originaltext lauten die Worte wie folgt: *Johannis Kepleri Harmonices Mundi Liber V. Prooemium* .

» Nam quid multis opus ? Ipsa rerum natura sese proditum ibat hominibus per diversos distantium seculorum interpretes, digitur Dei erat, ut cum llebraeis loquar, hic in animis duorum, qui se totos contemplationi naturae dedidissent, de conformatione mundi conceptus idem, cum neuter alteri ilu.r fuisset ad hoc iter ingrediendum. Jam postquam a mensibus octodecim prima lux, a tribus dies justa, a pau cissimis vero diebus Sol ipse merus illucit contemplationis admirabilissimae, nihil me retinet, lubet in dulgere sucro furori, lubet insultare mortalibus confessione ingenua, me vasa aurea Aegyptiorum furari, ut Deo meo tabernaculum ex iis construam, longissime ab Aegypti finibus.

Si ignoscitis, gaudebo, si succensetis, feram; jacio en aleam librumque scribo seu praesentibus seu posteris legendum, nihil interest; erspectet ille suum lectorem per annos centum, si Deus ipse per *annorum sena millia contemplatorem praestolatus est*. « *Ibid. Liber V. Caput IX.*

» O) qui lumine naturae desiderium in nobis promoves luminis gratiae, ut per id transferas nos in lumen gloriae, gratias ago tibi Creator Domine, qui delectasti me in factura tua et in operibus manuum trarum ersultavi. En nunc opus consummavi professionis meae, tantis usus ingenii viribus, quantas mihi dedisti; manifestavi gloriam operum tuorum hominibus, istas demonstrationes lecturis, quantum de illius infinitate capere potuerunt angustiae mentis meae; promptus mihi fuit animus ad emendatissime philoso phundum; si quid indignum tuis consiliis prolatum a me, vermiculo in volutabro peccatorum nato et innutrito, quod scire velis homines, id quoque inspites, ut emendem; si tuorum operum admirabili pul chritudine in temeritatem proclutus sum, aut si gloriam propriam apud homines amavi, dum progredior in opere tuae gloriae destinato, mitis et misericors condona; denique ut demonstrationes istae tuae gloriae et animarum saluti cedant nec ei ullatenus obsint, propitius efficere digneris. «

G. Joannis Kepleri, *Astronomi Opera omnia Ed. Frisch. Vol. V. p. 269 et p. 323. Francofurti et Erlangae MDCCCLXIV.*

83 »Galileo Galilei und die Römische Curie, nach den authentischen Quellen« von Karl von Gebler. Stuttgart (Cotta) 1876. §. 16.

merlichkeiten unserer Zeit zu beklagen, sondern vielmehr Dir zu Deinen herrlichen Erforschungen, welche die Wahrheit bekräftigen, Glück zu wünschen.

Wahrlich, ich würde es wagen, meine Spekulationen zu veröffentlichen, wenn es mehr Solche, wie Du bist, gäbe. Da aber dies nicht der Fall ist, so spare ich es mir auf, aus Furcht, das Schicksal unseres Meisters Copernicus zu teilen, der, wenngleich er sich bei Einigen einen unsterblichen Ruhm erworben hat, dennoch bei unendlich Vielen denn so groß ist die Zahl der Toren ein Gegenstand der Lächerlichkeit und des Spottes geworden ist.«

Ja, ich preise mich glücklich, Sie noch in der platonischen Höhle angetroffen zu haben, um in Gemeinschaft mit Ihnen die Gefesselten über die gesetzmäßigen Bewegungen eines tief bedeutungsvollen Schattenspieles aufzuklären, damit wir, vorbereitet durch die Erkenntnis, nicht durch jenes Licht geblendet werden, in dessen Glanz uns beim Austritt aus dieser Höhle dereinst die Welt in ewiger Harmonie und Schönheit entgegen strahlen wird.

XCII So lange wir aber selbst noch zu den Gefesselten gehören, lassen Sie uns im Kampfe gegen die Unfehlbarkeit des Glaubens und Wissens nicht ermüden! Bewahren wir uns, nach Art von edlen Staatsgefangenen, jene Unabhängigkeit und Selbständigkeit der Gesinnung, welche bereits der Vater Galilei's, Vincenzo Galilei, im Jahre 1581 in folgenden Worten ^{*84)} ausgesprochen hat:

» Nach meiner Ansicht müssen diejenigen, welche, um eine Behauptung zu beweisen, ausschließlich nur auf das Gewicht der Autoritäten zählen, ohne sich irgend eines anderen Argumentes zu bedienen, des Unverstandes geziehen werden. Ich für meinen Teil wünsche, dass die Streitfragen freigestellt und ohne irgend eine Speichelleckerei frei erörtert werden, wie sich dies für Jeden geziemt, der aufrichtig nach der Wahrheit forscht.

Über die „Jämmerlichkeit unserer Zeit« möge uns Immanuel Kant ⁸⁵⁾ durch seine Worte an Lambert trösten, an welchen derselbe (d. d. Königsberg d. 31. Dezember 1765) schreibt:

»Sie klagen mit Recht über das ewige Getändel der Witzlinge und die ermüdende Schwatzhafigkeit der jetzigen Skribenten vom herrschende Tone, die weiter keinen Geschmack haben als den, von Geschmack zu reden. Allein mich dünkt, dass dieses die Euthanasie der falschen Philosophie sei, da sie in läppischen Spielwerken erstirbt, und es weit schlimmer ist, wenn sie in tiefsinnigen und falschen Grübeleien mit dem Pomp von strenger Methode zu Grabe getragen wird.

Ehe wahre Weltweisheit aufleben soll, ist es nötig, dass die alte sich selbst zerstöre, und, wie die Fäulnis die vollkommenste Auflösung ist, die jederzeit vorangeht, wenn eine neue Erzeugung anfangen soll, so macht mir die Krisis der Gelehrsamkeit zu einer solchen Zeit, da es an guten Köpfen gleich wohl nicht fehlt, die beste Hoffnung, dass die so längst gewünschte große Revolution der Wissenschaften nicht mehr weit entfernt sei.«

Diejenigen aber, welche es vorziehen, über unsere Irrtümer zu frohlocken als Freude an den von uns gefundenen Wahrheiten zu empfinden welche lieber mit Gewalt als durch Beweise, lieber mit Spott als durch Tatsachen eine neue Wahrheit bekämpfen wollen, diese werden den Zorn des

84 Galileo Galilei und die Römische Curie u. s. w. von K. v. Gebler S. 4.

85 Kant's Werke. I. p. 351. Ed. Rosenkranz. 1838,

XCIII Himmels auf sich herab beschwören. Denn an sie ist jenes tiefsinnige Wort eines griechischen Tragikers in einem Scholion zur Antigone des Sophocles (620) gerichtet:

« Όταν δο δαίμων ανδρί πορσύνη κακά Τον νούν έβλαψε πρώτον ο βουλεύεται ;
*86)

oder in der uns bekannteren Form: *Quem Deus vult perdere prius dementat*. In diesen Worten ist der innige Zusammenhang des Wollens mit dem Erkennen, des Moralischen mit dem Intellektuellen, des Herzens mit dem Kopfe ausgesprochen. Es ist dieselbe Wahrheit, welche in mythischem Gewand unsere Volkssage ausdrückt, wenn in ihr der Teufel, als „Geist, der stets verneint«, am Ende doch stets die Rolle des Geprellten spielt, trotzdem »Großmacht und viel List sein grausam Rüstung ist.« Im Vertrauen auf diese Wahrheit lassen Sie uns denn getrost mit Luther ausrufen:

» Und wenn die Welt voll Teufel wär
Und wollt uns gar verschlingen,
So fürchten wir uns nicht so sehr;
Es soll uns doch gelingen !«

Jener geheimnisvolle Zusammenhang hat sich bis jetzt ausnahmslos in allen großen Entwicklungsprozessen der Menschheit bewährt, gleichgültig ob der

XCIV

Verstand eines Napoleoniden und seiner Minister....

86 In deutscher Übersetzung würde der Sinn dieser Worte etwa folgendermaßen wiederzugeben sein :

Wenn aber Gott das Verderben will über den Menschen verhängen,
Naht er zuerst dem Verstand und raubt ihm das Licht der Erkenntnis.
Die durch das obige Scholium erläuterte Stelle in der Antigone (621 — 625) lautet:

σοφία γάρ εκ του κλεινόν έπος πέφανται , ,
το κακόν δοκείν ποτ' εσθλόν
τώδ' έμμεν , ότω φρένας
θεός άγει προς άταν :

πράσσει δ' ολιγοστον χρόνον εκτος άτας .

. oder in deutscher Übersetzung von D. Donner:

Ein		gepries'ner			Ausspruch	
Scholl	von	dem	Munde	der	Weisheit:	
Es	scheine	gut	das	den	Böse	Sinn
Dem,	welchem	ein	Gott	den	lenke;	
In	das	Verderben				

Nur flüchtige Zeit wandelt er frei vom Leide.

