

Isaac Newton und die Gegner seiner Gravitationstheorie unter den modernen Naturphilosophen.

„Man mag den Begriff der Materie und ihrer Kräfte drehen und wenden wie man will, immer stösst man auf ein letztes Unbegreifliches, wo nicht gar auf ein schlechthin Widersinniges, wie bei der Annahme von Kräften, die durch den leeren Raum wirken.“

Friedr. Alb. Lange.

„Die Anziehungskraft ist ein Trugbild, durch welches man sich und Andere täuscht. Die Annahme einer Anziehungskraft ist ein Rückschritt der Erkenntniss aus dem Gebiete der Naturerscheinungen und Thatsachen in das Dunkel unentwirrbarer Hypothesen“

. . . . Wenn die Nachfolger Newton's mit seiner Lehre sich auch sein Streben nach erschöpfender Erkenntniss angeeignet hätten, so wäre die Anziehungskraft nie zu einem solchen unantastbaren Dogma der Wissenschaft geworden, wie sie es jetzt ist.“

Baron N. Dellingshausen.

„Ich weiss nicht, als was ich der Nachwelt dereinst erscheinen mag, aber selbst komme ich mir vor, als sei ich nur ein am Meeresstrande spielender Knabe gewesen und habe zu meiner Freude dann und wann einen glatteren Kieselstein oder eine schönere Muschel gefunden, als gewöhnlich, während der grosse Ocean der Wahrheit ganz unerforscht vor mir dalag.“¹⁾

Im Angesichte des Todes sprach diese bescheidenen Worte ein Fürst der Wissenschaft, Isaac Newton, derselbe Mann, auf dessen Grab in der Westminster-Abtei zu London der stolze Satz steht:

„Sibi gratulentur mortales, tale tantumque extitisse humani generis decus.“

Ueber die Person jenes „Knaben“ der aus dem Meere der Wahrheit Schätze zu holen bestrebt war, wird die Nachwelt nie anders urtheilen, als dass er „eine Zierde des menschlichen Geschlechtes“ gewesen sei. Ueber den Werth der „Steine und Muscheln“ aber, die er herausgeholt und der Wissenschaft zum Geschenk gemacht hat, sind die Meinungen keineswegs einhellig, keineswegs wandellos geblieben. Der Glanz eines derselben, anfangs blendend und alle Geister bestechend, hat allmählich, wenn auch sehr langsam, abgenommen. Was fast ein Jahrhundert hindurch für ein kostbares Juwel galt — die Emanationstheorie des Lichtes — unser Zeitalter hat sie als werthlos weggeworfen.

¹⁾ „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.“

D. Brewsters Life of Newton p. 338.

Ja als ein Nachtheil, ein Hemmschuh der Wissenschaft ist sie von Newtons eigenen Landsleuten¹⁾ bezeichnet worden — wohl nicht ganz mit Unrecht.

Ein anderer von jenen „Steinen“, die Lehre von der allgemeinen Gravitation der Materie, hat seinen Glanz bis auf unsere Tage bewahrt. Noch immer wird von der grössten Ueberzahl der Physiker²⁾ und Astronomen nichts für gewisser, nichts für zweifelloser und unumstösslicher gehalten, als der Satz, dass alle Körper sich gegenseitig anziehen im direkten Verhältniss zum Produkt ihrer Massen und im umgekehrten zum Quadrat ihrer Entfernungen — genau wie Newton ihn fixirte. Man glaubt, die Beweise dafür seien handgreiflich, überwältigend; der Lauf der Gestirne, auf Grund der Gravitationslehre mit absoluter Sicherheit vorausverkündet, sei ein stetiger, unabweisbarer Zeuge für Newton's Lehre.

Und dennoch hat sich auch hier der Zweifel hervorgewagt, anfangs schüchtern, vereinzelt, mit mitleidigem Lächeln³⁾ aufgenommen, allmählich aber ernster, energischer und häufiger. Und wiederum sind es Engländer, die vornehmlich in strenger, oft schroffer Form gegen die Lehre von der allgemeinen Attraction ankämpfen.

Dabei aber gibt man der Sache eine eigenthümliche Wendung. Man will wohl gegen das, was wir unter der Newton'schen Gravitationstheorie uns zu denken gewohnt sind, aber dennoch nicht gegen Newton streiten. Nur ein Missverständniss — so sagt man — trage die Schuld, dass anderthalb Jahrhundert hindurch die Meinung geherrscht, er sei es gewesen, der den Satz von der unvermittelten Massenanziehung aufstellte.

In den letzten Jahren aber sind die Zweifel an dieser Theorie immer mächtiger erstarkt; der Streit ist entbrannt, und die Literatur desselben weist unter einer Menge von Namen auch die hervorragendsten deutschen und englischen Physiker auf.

Interessant ist diese Debatte in hohem Grade, denn sie tangirt die Wurzeln der ganzen heutigen Physik — und wer weiss, ob es nicht noch dazu kommen wird, dass wir eben diese Wurzeln auf einen neuen, tieferen Boden umpflanzen müssen. Andererseits breiten die im Kampfe herbeigezogenen Waffen, die beiderseits entwickelten speciellen Gründe und allgemeinen Anschauungen ein eigenthümliches Licht aus auf die in der heutigen Naturphilosophie herrschenden Strö-

¹⁾ Thomson und Tait. Handbuch der theoretischen Physik § 385. „Ein anderes Beispiel (dieser Klasse von Hypothesen) ist die Emissionstheorie des Lichtes, welche eine Zeitlang grosses Unheil stiftete, und die sich nur hätte rechtfertigen lassen, wenn ein Lichtkörperchen wirklich wahrgenommen und untersucht worden wäre.“

Diese Stelle hat übrigens Veranlassung zu einer sehr animosen Controverse zwischen Prof. Helmholtz und Prof. Zöllner gegeben; (Vergl. die Vorrede von Helmholtz zum 2. Bd. der Uebersetzung von Thomson und Tait, und Zöllner „Ueber die Natur der Kometen“ sowie die Einleitung seiner „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie.“

²⁾ Helmholtz nennt das Gravitationsgesetz „die imponirendste Leistung, deren die logische Kraft des menschlichen Geistes jemals fähig gewesen ist“ und hält Newton für den „ersten und grössten Repräsentanten der wissenschaftlichen Naturforschung.“

³⁾ Der leider allzufrüh verstorbene Prof. Fr. Alb. Lange äussert sich in seiner berühmt gewordenen „Geschichte des Materialismus“ über die abwehrende Haltung der Gelehrtenwelt in dieser Frage folgendermassen: „Es ist bezeichnend für die Macht der Gewohnheit, dass solche Versuche (das Wesen der Gravitation zu erforschen) heutzutage von Fachmännern sehr kühl aufgenommen werden. Man hat sich mit den Wirkungen in die Ferne einmal abgefunden und empfindet gar nicht mehr das Bedürfniss, etwas Anderes an die Stelle zu setzen.“

G. d. M. 2. Aufl. I p. 289.

mungen — im Gegensatz zu jenen Ideen, von welchen Newton und seine Freunde, Bentley, Cotes und Andere beseelt waren.

Diese beiden Gründe sind es hauptsächlich, um deretwillen ich den Gravitationsstreit, soweit es mir möglich war, verfolgt habe; und sie scheinen mir wichtig genug, um auch einem grösseren Kreise, dem naturwissenschaftliche Objecte sonst vielleicht ferner liegen, einiges Interesse einzufliessen.

I.

Zunächst drängt sich nun von selbst die Frage auf: Hat Newton eine allgemeine, in die Ferne wirkende, unvermittelte Anziehungskraft gelehrt?

Am 28. März vorigen Jahres hielt im hiesigen „Verein für wissenschaftliche Vorträge“ Prof. E. du Bois-Reymond einen kosmologischen Vortrag¹⁾, in welchem er die Lehre, dass allen Körpern eine Kraft innewohne, vermöge deren sie sich aus der Ferne gegenseitig anzögen, als eine unerklärliche, unbegreifliche Sache darstellte. Schon im Jahre 1872 hatte er dieselbe Meinung bei der zweiten öffentlichen Sitzung der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig in einer Rede, die durch das viel applaudirte und viel kritisirte „Ignorabimus“ berühmt geworden und in mehreren Auflagen erschienen ist, noch schärfer ausgesprochen. Er sagte damals: „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.“²⁾

Noch strenger sprach sich in demselben Jahr William Thomson aus, indem er mit Rücksicht auf die Gravitation sagte: „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 existirt nicht.“ Dieser sonderbare Gedanke schlug tiefe Wurzeln, und diesen entsprossete ein unfruchtbarer Baum, welcher den Boden aussaugte und das ganze Gebiet der Molecularphysik überschattete, auf welche so viele unnütze Arbeit der grossen Mathematiker im Anfang unseres neunzehnten Jahrhunderts verschwendet worden ist.“³⁾

Am 4. Februar des folgenden Jahres hielt Maxwell in der Royal-Institution einen Vortrag, in welchem er denselben Gegenstand behandelte. Er verwarf die Lehre von der unvermittelten Attraction, machte aber für den begangenen Fehler nicht Newton, sondern dessen jüngeren Freund Roger Cotes verantwortlich, indem er sagt: „Die Urheberschaft der Lehre von der directen Wirkung in die Ferne kann nicht für den Entdecker der allgemeinen Gravitation in Anspruch genommen werden. Dieselbe wurde zuerst von Roger Cotes in seiner Vorrede zu den „Principien“⁴⁾ aufgestellt, welche er bei Lebzeiten Newtons herausgab. Und als die Newton'sche Lehre

1) „Ueber das Ende der Welt.“

2) „Ueber die Grenzen des Naturerkennens.“ Ein Vortrag von E. du Bois-Reymond. 4. Aufl. pag. 13.

3) Papers on Electrostatics and Magnetism by Sir William Thomson. London 1872. Vergl. Zöllner, Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie. Leipzig 1876. Einleitung pag. XXX. Diese in mancher Beziehung ungemein interessante Einleitung enthält für die vorliegende Frage das reichste Material.

4) Newton's grosses Werk hatte den Titel: Philosophiae naturalis Principia mathematica.

in Europa Boden gewann, war es mehr die Auffassung von Cotes, als die von Newton selbst, welche die vorherrschende wurde.¹⁾

Schon Faraday, einer der bedeutendsten englischen Physiker unseres Jahrhunderts, soll, wie Maxwell weiter mittheilt, dieselbe Ansicht ausgesprochen und mit folgender Stelle aus einem Briefe Newton's an Bentley belegt haben: „Es ist unbegreiflich, wie unbeseelte, rohe Materie ohne die Vermittelung von sonst etwas, das nicht materiell ist, auf andere Materie ohne gegenseitige Berührung einwirken könne, was der Fall sein müsste, wenn die Gravitation im Sinne Epikur's zum Wesen der Materie gehörte und ihr inhärent wäre.“²⁾

Diese Worte scheinen auf den ersten Blick klar und deutlich zu beweisen, dass Newton bei der Gravitation an eine wirkliche „actio in distans“, an eine unvermittelte Fernwirkung nicht gedacht habe. — Dennoch tritt Prof. Zöllner den Gegenbeweis an und legt auf denselben einen so eminenten Nachdruck, dass wir nicht unterlassen dürfen, uns etwas eingehender damit zu beschäftigen.

Am Ende des 17. Jahrhunderts war es in England noch keineswegs eine auffallende Sache, wenn ein naturwissenschaftlicher Kreis die Bekämpfung des Atheismus unter seine Zwecke rechnete. So hatten die Verwaltungsräthe einer von dem berühmten Naturforscher Robert Boyle herrührenden Stiftung den ausgezeichneten Philologen und Kritiker Richard Bentley veranlasst, acht Vorlesungen über diesen Gegenstand unter dem Titel: „A confutation of Atheism“ zu veröffentlichen. Bevor das geschah — der Philologe mochte sich in der Physik vielleicht nicht sicher genug fühlen — schickte er seine Arbeit mit einigen Fragen an „Sir Isaac Newton,“ und dieser antwortete mit jenen vier Briefen, welche Bentley später seinem Buche als Anhang zufügte.

Durch diese Umstände wird klar, dass Newtons Briefe mit Bentley's Reden im engsten Zusammenhange stehen, und dass für den Sinn der ersteren der Inhalt der letzteren von Wichtigkeit ist. Nun findet sich aber in der siebenten Rede Bentley's folgende Stelle, deren Worflaut mit dem von Faraday angezogenen Satz aus Newton's Brief ausserordentlich nahe verwandt ist.

„Es ist völlig unbegreiflich, wie ein unbeseelter, todter Körper ohne die Vermittelung irgend eines immateriellen Wesens auf einen andern Körper ohne wechselseitige Berührung einwirken und ihn afficiren könne; wie nämlich getrennte Körper durch einen absolut leeren Raum auf einander einwirken können ohne Dazwischenkunft von etwas Anderem, wodurch die Wirkung von einem auf den anderen Körper übertragen wird. Ich will nicht eine Sache, die an sich so klar und einleuchtend ist, durch eine Menge von Worten verdunkeln und verwirren; eine Sache, die von Jedem zugegeben werden muss, der eine competente Fähigkeit des Denkens besitzt, und der, ich sage nicht, mit den Geheimnissen, sondern mit den ersten Principien der Erkenntnisstheorie vertraut ist. Ganz so verhält es sich nun mit der gegenseitigen Gravitation oder Attraction nach unserem gegenwärtigen Sprachgebrauch. Sie ist eine Thätigkeit oder Energie oder ein Einfluss, welchen räumlich getrennte Körper aufeinander ausüben durch einen leeren Raum, ohne irgend welche effluvia oder Ausdünstungen oder ein anderes materielles Medium, durch welches jener Einfluss fortgeleitet oder übertragen wird.

1) Proceedings of the Royal Institution 1873 Febr. 4. Prof. J. Clerk Maxwell: On action in distans.

2) „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 do if gravitation, in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it.“

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 der Lage der Theilchen 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. Wenn sich nun aber zeigen lässt, dass wirklich eine solche Schwerkraft existirt, welche nicht der Materie als solcher zugeschrieben werden kann und welche in der Constitution des gegenwärtigen Weltgebäudes wirksam ist? — Dies würde ein neues und unwiderlegliches Argument für das Dasein eines göttlichen Wesens sein, indem es ein directer und positiver Beweis dafür ist, dass ein immaterieller, lebender Geist die todte Materie lenkt und beeinflusst und das Weltgebäude erhält.“

Aus diesen Worten geht mit voller Sicherheit nur das Eine hervor, dass Bentley die Gravitation für eine der Materie als solcher nicht wesentlich inhärente Eigenschaft hält. Damit ist aber noch eine wichtige und folgenschwere Frage unentschieden gelassen. Denkt er sich, die todte Materie würde durch den „Hauch der göttlichen Macht“ so umgewandelt, dass sie nunmehr selbstständig und ohne Vermittelung in die Ferne wirken könne? — darauf scheinen die Worte: „dass jene Kraft niemals auf die Materie übergehen konnte, ohne ihr durch eine immaterielle und göttliche Macht eingepflanzt und eingehaucht zu sein“ hinzudeuten. — Oder denkt er sich, die Materie sei und bleibe eine todte und die Fernwirkung sei nur möglich durch fortwährende Intercedenz des immateriellen Wesens? — Dafür sprechen die Schlussworte: „indem es ein directer und positiver Beweis ist, dass ein¹⁾ immaterieller, lebender Geist die todte Materie lenkt und beeinflusst (wohlbemerkt lenkt, folglich zu selbstthätiger actio in distans nicht befähigt — sonst wäre das Lenken ja überflüssig) und das Weltgebäude erhält.“

Wir sehen also, dass sich in den Worten Bentley's für beide oben ausgesprochenen Meinungen Anknüpfungspunkte finden. Trotzdem scheint es mir nicht schwierig zu erkennen, welcher von ihnen der Vorzug zu geben ist. Bevor wir das aut-aut aber entscheiden, wollen wir noch einige Aeusserungen Newton's über denselben Gegenstand hören.

Diesem war die Auffassung Bentley's entschieden sympathisch. Er schreibt im Eingang seines ersten Briefes an ihn: „Als ich mein Werk über unser Weltsystem schrieb, hatte ich mein Augenmerk auf solche Principien 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.“ Speciell in Betreff der obigen Bentley'schen Argumentation äussert er: „The last clause of the second position I like very well“ und fährt dann direkt mit jener von Faraday angezogenen wichtigen Stelle fort.

Um nun den wahren Sinn derselben möglichst prägnant zum Ausdruck zu bringen (er nennt dies: „das Newton'sche Räthsel lösen“) wandelt Zöllner die darin enthaltene „doppelte Negation in eine Bejahung um“ und formulirt dieselbe also:

„Es ist begreiflich, wie beseelter, lebendiger Stoff ohne irgend eine sonstige Vermittelung auf einen andern Körper wirken kann.“

¹⁾ Ein immaterielles Prinzip ist es, das nach Bentley die Materie lenkt und das ganze Weltgebäude erhält; also ist er weit entfernt von der Annahme, jedes Atom habe seine besondere „Psyche.“

Grade diese Umformung des Newton'schen Satzes ist es, was Zöllner bei seinen weiteren Entwicklungen zur Grundlage macht; und wir müssen uns dieselbe also etwas genauer ansehen. Zunächst wird hier, wie wir sofort bemerken, auch unsere obige aut-aut-Frage tangirt. Nach Zöllner's Meinung muss das erstere aut den Sieg davontragen. Die todte Materie wird ja belebt und dadurch zu selbstthätiger actio in distans befähigt ohne jede weitere Intercedenz eines immateriellen Etwas. Das zweite aut tritt in seiner Bedeutung bei Zöllner überhaupt gar nicht scharf hervor. Ebensowenig ist von einer — mit diesem zweiten aut correspondirenden — zweiten Umformung des Newton'schen Satzes die Rede, deren Möglichkeit doch wohl evident ist. Es finden sich ja in demselben ausser den von Zöllner berücksichtigten noch mehr Negationen vor: Unbegreiflich, unbeseelte Materie, ohne Vermittelung, nicht materiell, ohne Berührung. Will man also dem Unbegreiflichen das Begreifliche gegenüberstellen, so hat man zwischen den andern Negationen zu wählen; eine von ihnen muss in's Gegentheil umgewandelt werden. Warum muss das nun aber die unbeseelte Materie, warum kann es nicht — dem zweiten aut entsprechend — die Negation „ohne Vermittelung“ sein? Im letztern Falle würde die „Antithese“ lauten: „Es ist begreiflich, dass unbeseelte, rohe Materie durch Vermittelung eines sonstigen, immateriellen Etwas auf andere Materie ohne gegenseitige Berührung einwirken könne.“ Schon bei der früher behandelten Bentley'schen Stelle ergibt sich sowohl aus dem Wortlaut, (die Negation „ohne Vermittelung“ wird erstens durch zweimalige Betonung als die wegzuräumende besonders hervorgehoben, zweitens gipfelt der Schluss eben in der positiven Beseitigung derselben; während die unbeseelte, rohe Materie sich durchaus nicht als charakteristische Negation gerirt. Ich kann in diesen Adjectiven nur epitheta ornantia sehen.) als auch aus der Tendenz der ganzen Rede, dass durch die Nothwendigkeit des Vermittlers die Existenz desselben, und zwar eines allwirkenden, erwiesen werden soll; dass wir es also nicht mit beseelten Atomen, die keines Vermittlers bedürfen, sondern mit „roher Materie“ zu thun haben, die nur durch Intercedenz einer immateriellen Macht „ohne Contact“ zu agiren vermöge.

Zöllner führt zur Unterstützung seiner Wiedergabe des Newton'schen Gedankens noch einige Worte desselben Mannes an, zunächst eine Briefstelle, welche für die hier speciell vorliegende Frage nicht in Betracht kommen kann, weil sie blos von „mechanischen Impulsen“ redet, dann aber noch folgende Sätze aus den „Principien“:

„Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und die Bewegung 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 dem Verhältniss der Oberflächen derjenigen Theilchen, worauf sie einwirkt, wie die mechanischen Ursachen, sondern nach Verhältniss der Menge fester Materie, und ihre Wirkung erstreckt sich nach allen Seiten hin bis in ungeheure Entfernungen, indem sie stets in quadratischem Verhältniss der letzteren abnimmt. . . .

„Es würde hier der Ort sein, etwas über die geistige Substanz (de spiritu quodam subtilissimo) hinzuzufügen, welche alle festen Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist. Durch die Kraft und Thätigkeit dieser geistigen Substanz ziehen sich die Theilchen der Körper wechselseitig in den kleinsten Entfernungen an und haften aneinander. Durch sie wirken die elektrischen Körper in grösseren Entfernungen, sowohl um die benachbarten Körperchen anzuziehen, 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 Thiere nach Belieben bewegt durch die Vibrationen desselben, welche sich von den äusseren Organen der Sinne mittelst der festen Fäden der Nerven bis zum Gehirne und hierauf von diesem bis zu den Muskeln fortpflanzen Von einer blinden metaphysischen Nothwendigkeit, welche ja immer und überall sich gleichbleiben müsste, kann keine Veränderung der Dinge herrühren. Also kann die ganze zeitliche und räumliche Veränderlichkeit der Naturwesen nur in den Ideen und dem Willen eines mit Nothwendigkeit existierenden Wesens ihren Ursprung haben.“¹⁾ (*Tota rerum conditarum pro locis ac temporibus diversitas ab ideis et voluntate entis necessario existentis solummodo oriri potuit.*)

Haben wir denn nun hier nicht das eine denkende und wollende Wesen mit seiner vermittelnden Thätigkeit? Ist es dem obigen „spiritus quidam subtilissimus“ gegenüber noch möglich, die Negation „ohne Vermittelung eines immateriellen Etwas“ aufrecht zu erhalten? Ich weiss nicht, wie man an dieser Erkenntniss vorbeikommen kann. — Wenn aber diese die Negation ist, die fallen muss, dann ist es logisch unzulässig, auch noch eine andere zu beseitigen. Zwei, nicht drei Negationen können in eine Bejahung umgewandelt werden. Die „inanimate brute matter“ zu beleben, jedes Atom mit einer besondern „Psyche“ zu begaben, haben wir kein Recht, wenn es sich um Feststellung der Ansicht Newton's handelt.

Mit diesen persönlichen Anschauungen des grossen Mannes von einer immateriellen Vermittelung der Gravitation steht auch die berühmt gewordene, von Cotes geschriebene Vorrede zu den „Principien“ augenscheinlich in keinem Widerspruch. In dieser Vorrede wird scharf betont, dass die Gravitation auf kein mechanisches Princip zurückführbar, weil sie ein elementares Naturgesetz sei. Dass für solche „causae simplicissimae“ keine weitere mechanische Erklärung gegeben werden könne, ist nach Cotes eine logische Nothwendigkeit: „Si daretur enim, causa nondum esset simplicissima.“

Ich habe oben schon hervorgehoben, dass die Umwandlung von todter in lebende Materie für Zöllner's Philosophie von fundamentaler Bedeutung ist. Seiner Meinung nach sind die Grundeigenschaften der Materie elektrischer Natur und äussern sich in Folge einer essentiellen Urverschiedenheit der Atome durch Attraction und Repulsion. Diese Attractions- und Repulsions-tendenz führt er aber auf ein psychisches Princip, auf Lust- und Unlustgefühle zurück, und kommt dabei zuletzt zu dem Schopenhauer'schen Axiom, dass jede Kraft in der Natur als Wille zu denken sei. Wir werden bald Gelegenheit bekommen, auf diese Theorie näher einzugehen. Einstweilen halte ich es aber für nöthig, ehe wir die Discussion über die eigentliche Ansicht Newton's von dem Wesen der Gravitation verlassen, doch mehr noch, als Zöllner es gethan, hervorzuheben, dass Jener diese seine Meinung keineswegs als bewiesen, als allein zulässig hinstellt. Nimmt er persönlich auch als Hintergrund der Gravitation ein immaterielles Agens an, so hat der vorsichtige Mann die Möglichkeit eines materiellen dennoch ausdrücklich gewahrt und aufrecht erhalten. Zöllner erwähnt, dass Newton schon in seinen frühen Mannesjahren, am 7. Dezember 1675 der Royal Society eine Arbeit vorlegte, in welcher er zum ersten Male seine Ansichten über einen allgemein verbreiteten Aether aussprach und eine Theorie entwickelte,

¹⁾ Zöllner gibt diese Stelle p. XLVI und fügt hinzu: „Newton war also nicht so glücklich oder unglücklich, wie der Marquis de Laplace, der ein Jahrhundert später auf die Frage Napoleons, weshalb das Wort Gott in seiner Mécanique céleste nicht vorkomme, die Antwort gab: „Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse.“

nach welcher dieses materielle Medium die Ursache sowohl der Lichterscheinungen als der Schwere sei. Freilich erklärte er später in einem Briefe an Halley vom 20. Juli 1686, er sei dazu nur durch die Beobachtung veranlasst worden, wie sehr die Welt auf Hypothesen veressen ist. Darum habe er eben auch eine machen wollen; „sie mag nur als eine Vermuthung betrachtet werden, der ich kein weiteres Vertrauen schenke... Wenn mich Ihre Aufmunterung nicht dazu veranlasst hätte — ich würde niemals soviel Papier über dieselbe beschrieben haben.“

Trotz dieser späteren Erklärung aber scheint mir unzweifelhaft daraus hervorzugehen, dass Newton das Suchen nach einer mechanischen Erklärung der Gravitationsphänomene für zulässig, das Finden einer solchen also für möglich gehalten habe. Ich vermag diese Ansicht indessen noch mit einem viel späteren Ausspruch Newtons zu stützen, den Zöllner zwar abdruckt, aber nicht besonders hervorhebt. Kurz nach der oben erwähnten, schon von Faraday angezogenen Stelle sagt er: „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.“ Dass die Gravitation einen activen Hintergrund haben müsse, sieht er klar, aber er überlässt es dem Leser, ob er einen materiellen oder immateriellen annehmen will. Obgleich er selbst das Vorhandensein eines immateriellen für wahr hält, so denkt er, wie wir sehen, doch gross genug, um auch die gegentheilige Ansicht nicht zu verdammen. Auf blinden Glauben an menschliche Autorität macht er keinen Anspruch. Das Ignoro gibt er zu, aber für ein „Ignorabimus“ ist er zu bescheiden. „The great ocean of truth lay all undiscovered before me.“

II.

Ist es nun einerseits, wie mir aus dem Vorigen klar genug hervorzugehen scheint, nach der Meinung Newton's immer noch möglich, eine mechanische Erklärung der Gravitation zu entdecken, so kann andererseits auch der bei Zöllner so sehr hervorgehobene Cotesische Syllogismus keine ernstliche Abhaltung sein. Dieser concludirt ja nicht etwa dahin, dass die Gravitation eine causa simplicissima sei, sondern dass sie, wenn sie eine solche ist, keine mechanische Erklärung zulässt. — Allein es fragt sich ja eben noch — und das ist grade der Kern der Sache — ob die Gravitationsphänomene wirklich auf einer anziehenden Kraft beruhen, ob eine Attraction überhaupt existirt, oder ob nicht etwa — um einen von Alex. Wiessner herrührenden Ausdruck zu gebrauchen — unsere bisherige Anschauungsweise einer „Kopernikanischen Correctur“ bedarf, einer ähnlichen, wie die in dem bekannten Wort: „Mancher denkt zu schieben, und wird geschoben“ enthaltenen.

Wie sehr nun auch in dem entbrannten Streit¹⁾ der Geister die Meinungen auseinander gehen, über einen Punkt scheint dennoch eine fast vollständige Unanimität zu herrschen, nämlich darüber, dass eine rohe, leblose Materie zu irgend einer actio in distans unfähig sei. Es wäre

¹⁾ Dass dieser einen stellenweise bis zur Entrüstung gesteigerten Charakter angenommen habe, davon kann man sich in der oben erwähnten Zöllnerschen Einleitung, sowie in der Helmholtz'schen Vorrede zur deutschen Uebersetzung des physikalischen Lehrbuchs von Thomson und Tait überzeugen. Das letzte mir bekannt gewordene Gefecht über den vorliegenden Punkt hat sich in Zarneke's literarischem Centralblatt 1877 Nro. 20 zwischen Prof. Riehl und Prof. Zöllner abgespielt.

leicht, ausser den obengenannten Autoren noch eine Menge von Physikern und Philosophen zu citiren, die sich ganz in demselben Sinne aussprechen. Ueberhaupt ist nicht zu verkennen, dass sowohl in der Physik als in der Naturphilosophie sich nach dieser Richtung hin ein eigenthümlicher Zug geltend macht, der in seine Strömung immer weitere Kreise hineinzieht. Der hitzige Kampf über das Weber'sche Gesetz; die Ansichten von Clausius in Betreff der Intercedenz eines Mediums bei elektrodynamischen Einwirkungen; die Edlund'sche Theorie von einem einzigen elektrischen Fluidum; — auf der andern Seite die einschlägigen Kapitel von Lange's Kritik des Materialismus, die Speculationen Wiessners über die Selbstwesenheit des Raumes und über das Problem der Empfindung; die Spiller'sche, in dem Weltäther gefundene „Urkraft des Weltalls;“ die in Büchern und Zeitschriften immer wiederkehrenden Untersuchungen über das „kosmologische Problem“: Alles das steht mit der vorliegenden Frage in einem engeren oder weiteren, aber doch immer in einem organischen Zusammenhange.

Mag nun auch vielleicht das Gefühl, dass man sich hier hart an derjenigen Grenze bewegt, wo die Physik an das Terrain der Metaphysik streift, jener Wissenschaft, die, wie Otto Liebmann sagt „ein Problem für Menschen, eine Wissenschaft für Uebermenschen“ ist, auf eine gewisse Klasse von Schriftstellern, welche Newton in einem Briefe an Halley „Virtuosen in der Kunst, Hypothesen zu schmieden“ nennt, einen unwiderstehlichen Reiz ausüben, so ist doch auf der andern Seite ohne Zweifel auch das Bewusstsein von der fundamentalen Wichtigkeit der Sache, die Erkenntniss, dass unsere ganze Naturlehre bis zur vollkommenen Aufhellung der vorliegenden Frage immer in einem gewissen Dunkel umhertastet, für unsere hervorragenden Physiker der Hauptantrieb gewesen, sich die Untersuchung derselben mit regem und dauerndem Eifer angelegen sein zu lassen.

Wollen wir nun näher an die Sache herantreten, so bietet sich die oben erwähnte Zöllner'sche Ansicht von einer auf „psychischen“ Qualitäten beruhenden Fähigkeit der Atome, in die Ferne zu wirken, zuerst dar.

Zöllner findet es unerklärlich, dass rohe, erklärlich, dass empfindende Materie unvermittelt in die Ferne wirke. Attraction und Repulsion als Wirkung von Lust oder Unlust scheint ihm auch ohne Intercedenz irgend eines Mediums plausibel.

Dürfte hier nicht etwa eine optisch-akustische Täuschung mit im Spiele sein? — Warum sollen denn empfindende, wollende Atome auf eine uns leichter verständliche Art eine actio in distans ausüben können, als empfindungslose? Etwa darum, weil wir selbst mit unserem Empfinden und Wollen in die Ferne zu dringen vermöchten? — Aber das können wir ja nicht. Unser Empfindungsvermögen reicht nicht über unsere Nerven-Enden, die Macht unseres Willens nicht über die eigenen Muskeln hinaus. Wir hören ja z. B. nicht eigentlich die Schläge der Glocke, sondern die Schwingungen unseres Trommelfelles. Was wir durch unsern Gesichtssinn wahrnehmen, sind nicht die Aussendinge selber, sondern die Bilder auf der Netzhaut des Auges. Und unser Wille? — Als Perikles durch die Macht seines überlegenen Geistes das athenische Volk beherrschte, bedurfte sein Wille dazu — ausser andern sehr materiellen „Medien“ — selbst wenn er nur zur Menge redete, noch des Mediums der Luft, um den Klang seiner Worte in die Ohren der Zuhörer zu tragen. Wo reicht unser Empfinden, unser Wollen unvermittelt in die Ferne?

Nimmt nun Zöllner an, ein Atom a zöge ein zweites, von ihm entferntes Atom b in Folge einer Lustempfindung an, stiesse in Folge des Gegentheils ein drittes c ab, so liegt doch zunächst die Frage vor: Wer bringt denn dem Atom a die Nachricht, dass die Atome b und c überhaupt

existiren, wer klärt es über die Qualitäten derselben auf, die in ihm das Lust- oder Unlustgefühl zur Folge haben? — Ist dazu gar kein Medium erforderlich, dann reicht ein solches Empfindungsvermögen weit über unsere normalen psychischen Facultäten hinaus, reicht, wie mir scheint, in das Gebiet eines Spiritismus hinein, der einstweilen noch nicht approbirt genug ist, um als Erklärung physikalischer Phänomene benutzt zu werden.

Will man gerecht sein, so muss wohl zugestanden werden, dass dieser Erklärungsversuch Zöllners keineswegs eine Unmöglichkeit enthalte. Ich finde zwar nichts intrinsece Widersprechendes darin, aber eine eigentliche Erklärung ist er für uns doch auch nicht, weil er ein Princip postulirt, das unseren sämtlichen materiellen und psychischen Erfahrungen vollkommen transcendent ist.

Zöllner sagt: „Es ist kein Wunder, wenn unser Verstand aus solchen Eigenschaften, welche wir auf Grund einer unvollständigen Induction 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 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 Ueberlegung Attribute absprechen, welche wir später den Aggregaten jener Elemente wieder beizulegen gezwungen sind.“¹⁾

Ja freilich, wenn wir die actio in distans den Aggregaten beizulegen gezwungen sind, dann ist es am einfachsten, dass wir schon gleich die Elemente mit dem erforderlichen Vermögen ausrüsten. Aber der streitige Punkt ist ja eben der, ob in Betreff der Aggregate jener Zwang existirt. Uebrigens sind hier zwei Dinge scharf auseinander zu halten, nämlich erstens der Satz, dass die Atome überhaupt Empfindung und Willen haben, und zweitens der andere Satz, dass diese psychischen Fakultäten sie zu einer actio in distans befähigen sollen.

Der erste enthält eine schon alte Lehre. Seit Maupertuis 1751 die sensitiven Atome eingeführt, sind dieselben aus dem Gesichtskreis der Philosophen gar nicht mehr verschwunden.²⁾ (Holbach, Leibnitz, Herbart, Ulrici, Dietrich, Häckel). Man kann sie recht gut acceptiren und dennoch den zweiten Satz entschieden abweisen, weil er den Atomen übermenschliche Qualitäten attribuiert.

Sieht sich die Philosophie in der That einmal genöthigt, zur Erklärung — sei es der actio in distans, sei es irgend eines andern Problems — Uebermenschlichkeiten zu Hülfe zu rufen, so soll sie, meine ich, doch etwas sparsam damit umgehen und nicht gleich deren unzählige creiren, wo sie mit einer einzigen ausreicht. Braucht man ja doch, wie wir oben sahen, mit Newton nur ein einziges höheres Wesen anzunehmen, (wie Manchem fällt das schon schwer genug!) welches die Atome schiebt, wohin es sie haben will — wozu ist es dann nöthig, jedem einzelnen Atom einen Willen und eine alle unsere Kräfte und Begriffe übersteigende³⁾ Sensitivität zuzuerkennen?

¹⁾ p. LX.

²⁾ Eine interessante Entwicklung des Gedankens, dass die Empfindung eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei, findet sich in der berühmten Abhandlung Diderot's: „Entretien entre d'Alembert et Diderot.“

³⁾ Alex. Wiessner sagt in seiner neuesten Schrift „Vom Punkt zum Geist.“ Leipzig 1877 p. 132: Durch welchen Vorgang lösen Atombewegungen derartige, Empfindungen genannte Zustandsänderungen aus; d. h. wie

Die von den Gegnern der Fernwirkung bisher vorgebrachten Gründe laufen alle auf den schon von den Scholastikern formulirten Grundsatz hinaus:

„Ein Körper kann an einem Orte nicht wirken, wo er nicht existirt.“

Diesem Einwurf begegnet Zöllner folgendermassen: „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 Ueberlegung, dass jener Satz nur dann eine begrifflich und logisch bindende Kraft besitzen kann, wenn man zuvor die Frage beantwortet hat: *ubi est corpus?* Ich wüsste nun nicht, welche andere Antwort auf diese Frage gegeben werden könnte, als: da wo er wirkt; d. h. (!) ein Körper existirt dort, wo unser Verstand die von ihm erzeugten und an uns oder anderen Körpern wahrgenommenen Bilder hinversetzt.“¹⁾ Und später: „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 Standpunkt unseres Denkens ist, weil jenem Satz, dass ein Körper da nicht wirken kann, wo er nicht ist, zuerst die Frage vorangehen und beantwortet werden muss: wo ist ein Körper? Auf diese Frage gibt es aber keine andere Antwort als: da, wo er wirkt;“ d. h. (!) wo wir die Wirkungen desselben auf uns oder andere Körper wahrnehmen.“²⁾

Wenn man nun auch auf Zöllner's Antwort: „da, wo er wirkt“ nichts Besonderes einwenden wollte, so scheint mir doch sein zweimaliges „das heisst“ einer Einschränkung sehr bedürftig. Ist denn in der That jeder Körper dort, wo wir seine Wirkungen wahrnehmen? Mir scheint, man muss hier das Wort „Wirkungen“ schärfer fassen und genau unterscheiden zwischen positiven und negativen, zwischen activen und prohibitiven Wirkungen. Wenn ich auf dem Fussboden meines Zimmers den Schatten des Fensterkreuzes „wahrnehme“, so würde ich mich von der Wahrheit augenscheinlich weit entfernen, wenn ich behauptete, der Körper, dessen Wirkung ich auf dem Fussboden wahrnehme, befände sich auf dem Fussboden. Die Wirkung ist in diesem Falle eine negative, prohibitive. Das Holz des Fensters verhindert die Erleuchtung der betreffenden Stelle durch die Sonnenstrahlen. So werden wir in allen Fällen, wo wir eine Wirkung wahrnehmen, zuvor untersuchen müssen, ob dieselbe in diesem Sinne als eine positive oder negative aufzufassen ist. Nähern sich zwei Körper, so wissen wir nicht, ob das in Folge einer positiven Anziehung, oder in Folge einer partiellen Aufhebung von Kräften geschieht, welche jeden Körper im Falle der Nichtanwesenheit des einen oder andern von ihnen an ihren betreffenden Orten zu erhalten bestrebt sind. Wir werden im Folgenden finden, dass grade diese Distinction bei der Auffassung der Gravitationsphänomene eine grosse Bedeutung gewinnt.

Die Sprache Zöllners über den vorliegenden Punkt ist eine sehr zuversichtliche: „Die von jenem *circulus vitiosus* befreite und geläuterte Erkenntniss der Menschheit verlangt gegenwärtig eine empfindende Materie. Denn die *exacte* Wissenschaft und nicht die sogenannte Philosophie hat das Newton'sche Räthsel gelöst und gleichzeitig, wie Oedipus seinen Vater, den Epikuräischen Materialismus getödtet.“

kommt Empfindung zu Stande? Die Beantwortung dieser Frage wird einstimmig lauten: durch Berührung. — Ohne Berührung kann keinerlei Empfindung der Aussenwelt entstehen, kein mir Aeusserliches zu einem mir Innerlichen werden“ etc.

¹⁾ l. c. p. XXXI.

²⁾ p. LXII.

Wenn man auch hier wieder den ersten dieser beiden Sätze unangefochten lässt, so muss man dem zweiten doch noch ein grosses Fragezeichen anhängen. Mir kommt diese „Lösung“ des Newton'schen Räthsel¹⁾ vor. Denn wenn ein Körper an einem bestimmten Orte nicht vorhanden ist, so fällt es schwer zu denken, er wirke an diesem Orte. Ob nun der dort nicht vorhandene Körper ein empfindender oder ein empfindungsloser ist, das scheint mir sehr gleichgültig.

III.

Während Zöllner nun einerseits die bisher geläufige Auffassung des Newton'schen Principis als einer mechanisch unvermittelten Fernwirkung zu stützen und auf plausible Grundlagen zurückzuführen sucht, greift er auf der andern Seite den analytischen Ausdruck für dasselbe mit grossem Nachdruck an.

Er stützt sich dabei auf das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und ist bemüht einen Widerspruch des Newton'schen Potentials mit diesem Fundamentalgesetz der Natur zu constatiren. Seine Argumentation ist folgende:²⁾ „Bezeichnen m und m_1 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 $\frac{m \cdot m_1}{r}$; nach Weber $\frac{m \cdot m_1}{r} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$. Wenn man über die Dimensionen der beiden Massen m und m_1 keine besondere Annahme macht, sondern dieselben, wie in der mathematischen Theorie üblich ist, als Punkte, d. h. als Kraftcentra betrachtet, die sich principiell bis zu jedem beliebigen Abstände r einander nähern können, so dass also z. B. principiell 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 Menge von atomistisch constituirter Materie, z. B. einen Cubikmillimeter Wasser, eine unbegrenzte, d. h. jeden beliebigen endlichen Werth überschreitende Summe von potentieller Energie vorhanden sein könne. Denn formell liegt in dem Ausdruck des Newton'schen Potentials keine Beschränkung für die Annäherung zweier in Punkten concentrirten 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,

¹⁾ Lange sagt über Zöllner's Theorie der empfindenden Atome G. d. M. II 166. „Man darf nicht vergessen, dass die Erklärung, welche man auf diese Weise gewinnt, keine naturwissenschaftliche, sondern eine speculative ist, und dass sie das eigentliche Räthsel, das Unbegreifliche in der Erscheinung nicht beseitigt, sondern nur verschiebt Zwei Räthsel würden dabei immer bestehen bleiben: die Vorstellung von Kraft und Stoff wäre mit allen den bisherigen Schwierigkeiten behaftet und mit einer neuen, grösseren dazu. Das Bewusstsein aber würde zwar durch ein Band mit der Materie verbunden sein, aber seine Einheit im Verhältniss zur Vielheit der constituirenden Empfindungen würde im Grunde noch die gleiche Unbegreiflichkeit in sich schliessen, wie früher das Verhältniss des Bewusstseins zu den Schwingungen der Atome des Gehirns.“

²⁾ p. XVII u. ff.

ob wir uns in jenen Punkten die trägen Massen zweier Weltkörper oder diejenigen zweier Milligramme concentrirt dächten. Trotzdem das Newton'sche Potential bei beiden Paaren von Massenpunkten in einem bestimmten Abstände, z. B. von 1 Meter einen ungeheuren Unterschied der Arbeitsgrösse repräsentirt, 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 auftritt, gänzlich verschwinden; denn auf ihrem Wege von einem endlichen Abstände r bis zu einem Abstände $r = 0$ würde die lebendige Kraft jener Weltkörpermassen ebensogut wie die jener Milligramme nothwendig ein unendlich grosses Arbeitsäquivalent repräsentiren müssen. Wie man sieht, würden solche Folgerungen mit unseren physikalischen Erfahrungen in directen Widerspruch treten, welche uns zu der Annahme zwingen, dass in den atomistisch gruppirten Elementen eines Körpers von endlicher Masse und endlichem Raume auch nur ein endliches Quantum von leistungsfähiger Energie vorhanden sein könne. Es würde also diese Eigenschaft des Newton'schen Potentials jede Anwendung des Princips von der Erhaltung der Kraft auf reale, d. h. physische Verhältnisse illusorisch machen. Denn jenes Princip verlangt, dass die Summe der verbrauchten . . . Spannkräfte plus der noch vorhandenen Summe von potentieller Energie . . . stets eine constante Grösse sei. Diese constante Grösse würde aber nach dem Newton'schen Potentiale eine unendlich grosse sein. . . . Da uns nun im vorliegenden Falle diese Grösse ein gewisses Arbeitsquantum repräsentirt, so würde, bei Voraussetzung des Newton'schen Potentials für die Wechselwirkung atomistisch constituirter Elemente, ein jeder beliebige Körper, ein Milligramm ebensogut, wie unsere ganze Erde, ein Reservoir eines unendlich grossen, d. h. niemals zu erschöpfenden Kraftvorraths sein.“

„Wenn man das Newton'sche Gesetz auf die Bewegungen solcher Massen anwenden will, welche man nicht direct wahrnimmt, und deren Entfernungen auch nicht direct messbar sind, dann ist es offenbar nothwendig, 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 Potential des Weber'schen Gesetzes in einfacher Weise erfüllt ist. Denn sobald die relative Geschwindigkeit v , welche sich die beiden Massen m und m_1 durch ihre Wechselwirkung ertheilen, den Werth c erreicht hat, welchen Weber aus elektrodynamischen Versuchen auf 59320 geogr. Meilen bestimmt hat, so wird der Werth $1 - \frac{v^2}{c^2} = 0$, d. h. von nun an sind die beiden Massen nicht mehr im Stande, sich durch gegenseitige Einwirkung eine grössere Beschleunigung zu ertheilen, so dass hierdurch die von ihnen überhaupt erzeugbare Arbeitsgrösse eine endliche und nicht überschreitbare wird. Das Weber'sche Gesetz drückt daher nur analytisch diejenige Bedingung aus, welche jedes Kraftgesetz erfüllen muss, wenn es physikalisch nicht in Widerspruch mit dem von Helmholtz formulirten Ausdruck des Princips von der Erhaltung der Kraft treten soll.“

In der „mathematischen Theorie“ ist es nun allerdings, wie Zöllner oben sagt, allgemein üblich, die Massen zu behandeln als schwere Punkte, als Kraftcentra, welche sich bis zu jedem beliebigen Abstände, also principiell auch bis zu $r = 0$ einander nähern können. Diese Annahme ist aber zunächst nur eine theoretische Fiction, und wenn man mit den auf

Grund dieser Hypothese entwickelten Formeln in die Physik eintreten will, so kann das gar nicht ohne Weiteres, sondern nur mit der grössten Vorsicht geschehen. Was in der mathematischen Theorie schwere Punkte sind, das wird in der Physik zu Atomen; und nun steht auf einmal die fundamentale Frage vor uns: Wie sind die Atome zu denken, punktuell, dimensionslos — oder ausgedehnt, dreifach dimensionirt, wie die Materie selbst, die aus ihnen besteht?

Gibt man die erste Antwort, sollen die Atome mathematische, unausgedehnte Punkte sein, so steht allerdings nichts im Wege, die Massen zweier Weltkörper sich in ihren Schwerpunkten concentrirt zu denken und die mathematische Fiction $r=0$ auch in die Physik zu übertragen. Dann kann man es unternehmen, den Fall, dass zwei Planeten oder gar Sonnen eine Schwerpunktscentrale von 1 Meter hätten, auf seine physikalischen Consequenzen¹⁾ zu prüfen. Aber! — Es ist mir nicht unbekannt, dass die Annahme vollständig dimensionsloser Atome ihre Vertheidiger hat (Ampère, Cauchy, Faraday etc.) aber sie hat auch ebensoviele entschiedene Gegner, und bevor sie endgültig gelöst ist, hat die Argumentation Zöllner's keine beweisende Kraft.

Wenn man nämlich den Atomen nur irgend eine auch noch so kleine räumliche Ausdehnung zuerkennt, dann muss man sofort unterscheiden zwischen dem Schwerpunkte und der Peripherie eines Atoms; dann bedarf das Newton'sche Potential $\frac{m \cdot m_1}{r}$, bevor man irgend welche physikalischen Consequenzen daraus ziehen kann, einer sehr wesentlichen Correctur.

Bedeutet nämlich ϱ und ϱ_1 die Entfernungen der Schwerpunkte zweier Atome von ihren Peripherien, r den Abstand dieser letzteren von einander, so geht Newton's Potential über in die Form $\frac{m \cdot m_1}{r + \varrho + \varrho_1}$. Da hier nur die Grösse r im Stande ist, gleich Null zu werden, so ist der

Grenzwert des Potentials keineswegs unendlich, sondern gleich der endlichen Grösse $\frac{m \cdot m_1}{\varrho + \varrho_1}$.

Aus diesen Gründen scheinen mir alle Schlüsse Zöllner's, welche auf das Unendlichwerden des Newton'schen Potentials basirt sind, der sicheren Grundlage einstweilen noch gänzlich zu ermangeln.²⁾ Trotzdem aber halte ich die allgemeine Frage, ob überhaupt die von Zöllner beabsichtigte Vertauschung des Newton'schen Gesetzes mit dem Weber'schen gerechtfertigt sei, damit noch keineswegs für entschieden. Hat sich obige Argumentation auch nicht als zutreffend erwiesen, so kann es doch recht gut andere Gründe geben, welche Weber's Gesetz als ein allgemeineres und Newton's Gravitation nur als einen speciellen Fall desselben erscheinen lassen.

Die Frage, um welche es sich dabei in erster Linie handelt, wird die sein: Soll bei den Gravitationsphänomenen die wirkende Kraft bloß von der Masse und Entfernung, oder auch noch von der Geschwindigkeit der Körper abhängig sein? Ist sie eine Function bloß von r , oder auch noch vom ersten, vielleicht sogar noch vom zweiten Differentialquotienten nach der Zeit?

Mancher dürfte geneigt sein, zu denken: Ist denn die Astronomie nicht im Stande, sofort zu entscheiden, ob die Planeten — wenn man sich des Ausdrucks bedienen darf — in ihrem Lauf

¹⁾ Wie sieht's in diesem Falle mit der sogenannten „Undurchdringlichkeit“ der Materie aus?

²⁾ Mancher dürfte sogar geneigt sein, die Spitze des Zöllner'schen Beweises direct umzukehren und zu sagen: Weil bei Annahme von ausdehnungslosen Atomen das Newton'sche Potential unendlich werden würde, so muss diese Annahme falsch sein. Die Schwerpunktscentrale kann nicht gleich Null werden, also haben die Atome einen, wenn auch noch so kleinen Radius. — Natürlich kann in vorliegender Abhandlung, welche die Existenz der Newton'schen Attraction in Frage zieht, auf dieses Argument kein Gewicht gelegt werden.

sich nach Newton oder Weber richten? — Zöllner beruft sich in dieser Frage auf Tisserand¹⁾ welcher 1872 der französischen Akademie eine Abhandlung vorlegte, worin für die säculare Aenderung des Perihels beim Merkur der Werth 6,28; bei der Venus der Werth 1,32 Secunden gefunden wurde, zwei Werthe, welche mit den von Scheibner angegebenen: Merkur 6,73; Venus 1,43 Bogensekunden genügend übereinstimmen. Daraus ist zu schliessen, dass die aus einer Vertauschung beider Formeln „hervorgehenden Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Erscheinungen nicht in den Bereich unserer Wahrnehmungen fallen würden.“

Wenn Zöllner nun auch damit den wichtig scheinenden Einwand: man dürfe an dem Newton'schen Gesetz deswegen nicht rütteln, weil seine Gültigkeit durch die Daten der Astronomie aufs deutlichste und schärfste bewiesen sei, glücklich beseitigt hat, so verräth seine Theorie doch an einer anderen Stelle noch ihre schwankende Hypothesennatur.

Das durch die Annahme empfindsamer Atome, wie oben gezeigt, noch keineswegs gelöste „Räthsel“ der actio in distans genügt nämlich zur Erklärung der Erscheinungen allein noch nicht. Hinzutreten muss eine zweite Hypothese, nämlich „die Annahme eines etwas grösseren Werthes des attractiven Potentials zweier ungleichartigen im Vergleich zu dem repulsiven Potentiale zweier gleichartigen Theilchen. . . . Der numerische Unterschied dieser positiven Potentialdifferenz beläuft sich auf eine Grösse, welche kleiner als $\frac{1}{6 \cdot 10^{40}}$ des Werthes einer der beiden repulsiven Potentiale ist, so dass an eine directe elektroskopische Beobachtung dieser Differenz nicht gedacht werden kann.“

Von experimenteller Seite wäre also auch hier wieder kein désaveu zu fürchten. Der anfangs von Helmholtz erhobene Einwand, es sei ein Widerspruch mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft vorhanden, ist später auch fallen gelassen worden. „In den Monatsberichten der K. Ak. der W. zu Berlin 1872 erklärt derselbe: „dagegen diesen noch complicirteren Fall, welchen das Weber'sche Gesetz aufstellt, wo die Kräfte von den Coordinaten und von dem 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.“²⁾

Auch Prof. Wüllner (Lehrbuch der Experimentalphysik. IV. 703) verhält sich wegen der Einführung der Geschwindigkeit und Beschleunigung in den analytischen Ausdruck für die Kraftwirkung nicht ablehnend gegen Webers Gesetz. Er sagt: „Zwar lässt sich nicht leugnen, dass die Annahme Webers, dass die Wechselwirkung zweier elektrischer Massen nicht allein von ihrer Grösse und Entfernung, sondern auch davon abhängt, ob sie sich gegeneinander bewegen, ja dass sie selbst von der Art der Bewegung bedingt sei, mit den Grundsätzen der Mechanik, nach welchen die Wirksamkeit einer Kraft durchaus nicht von einer vorhandenen Bewegung abhängen kann, nicht übereinstimmt. Indess ist zu beachten, dass letzterer Satz durchaus nicht a priori feststeht, sondern auch ein aus der Erfahrung abstrahirter ist, dass er aus der Beobachtung der Einwirkung von Kräften auf ponderable Massen sich ergeben hat, ebenso wie Weber aus der Einwirkung elektrischer Kräfte den Schluss gezogen hat, dass die Wechselwirkung elek-

¹⁾ Tisserand; „Sur le mouvement des planètes autour du soleil d'après la loi électrodynamique de Weber. Comptes rendus 1872. Sept. 30.

²⁾ Zöllner p. XV.

trischer Massen auch von deren relativer Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängen. Die eine Schlussfolgerung ist so berechtigt, wie die andere, so dass die Nichtübereinstimmung dieser Sätze mit denen der Mechanik durchaus keinen haltbaren Grund gegen die Einführung dieser Beziehungen geben kann. — Man kann sogar behaupten, dass möglicherweise die von Weber für die Wechselwirkung zweier elektrischen Massen angenommene Abhängigkeit der Kraftwirkung von der relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung das allgemeine Gesetz für die Einwirkung zweier Massen aufeinander sei, dass aber in der Mechanik die von der Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängigen Glieder nur einen verschwindenden Werth haben in Bezug auf das erste, von demselben unabhängige Glied, und dass wir deshalb in der Erfahrung nur dieses unabhängige Glied bei der Bewegung ponderabler Massen wahrnehmen.“

Der Kampf um die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes auf speciell elektrischem Gebiete wird noch fortwährend in Zeitschriften und besondern Abhandlungen auf das lebhafteste geführt. Für den Gegenstand vorliegender Arbeit, die es nur mit der Gravitation zu thun hat, sind diese Debatten von keinem Belang. Soweit sie hier in Betracht kommen, liegt meiner Meinung nach die Hauptschwierigkeit in dem metaphysischen Hintergrunde der Weber-Zöllner'schen Hypothese. Wer da glauben will, dass jedes Atom eine solche Sensitivität besitze, dass es durch Millionen von Meilen hindurch ohne jede materielle Benachrichtigung nicht allein die Anwesenheit eines andern Atoms, sondern auch dessen Qualität zu empfinden vermöge, dass es im Falle der Gleichartigkeit ein Unlustgefühl habe und einen Beschluss fasse, sich von ihm zu entfernen, dass es im Falle der Ungleichartigkeit hingegen eine um eine minutiöse Kleinigkeit grössere Lustempfindung und ein entsprechend grösseres Näherungsbestreben äussere — der mag das eben glauben. Von einem exacten Beweis aber, dass jedes Atom in der That ein so übermenschlich qualificirtes höheres Wesen sei, dünkt mich, könne einstweilen noch nicht die Rede sein.

IV.

Verlassen wir hiermit die Theorie Zöllners, um uns einer andern zuzuwenden, welche sich ebenfalls an die Stelle der Newton'schen Gravitation zu setzen bemüht ist: nämlich zur Weltätherlehre von Prof. Spiller in Berlin. Dieselbe hat in gewissen Kreisen grosse Sensation erregt. Sagt doch z. B. Al. Wiessner in seinem Buche: „Vom Punkte zum Geist.“ p. 120:

„Wahrlich! wir haben alle Ursache den deutschen Forscher Spiller hochzuhalten, und es wäre wohl an der Zeit, dass die Physiker auf deutschen Kathedern anfangen, den Leistungen eines Denkers, der die Abschleuderungstheorie aufgestellt, das Räthsel der Gravitation gelöst, und den Schleier von den Imponderabilien gehoben hat, etwas tiefere Beachtung zu schenken, als es bisher, trotz seines halbhundertjährigen Wirkens geschehen ist. Ein Newton oder Galilei würde den ihnen ebenbürtigen Pfadfinder mit Inbrunst umarmt haben.“¹⁾

¹⁾ In der Zeitschrift „Natur“ (1876 Nr. 11) befindet sich ebenfalls eine längere, sehr sympathische Besprechung der Spiller'schen Theorien von Dr. Carl Müller. Auch Fr. Alb. Lange beschäftigt sich in seiner Geschichte des Materialismus mit denselben II pag. 162, 258 u. ff.

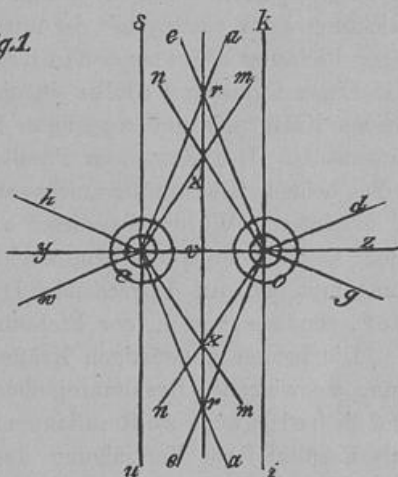
Spiller gibt der Gravitation einen mechanischen Hintergrund. Im Druck des Weltäthers findet er den Grund dafür, dass die Körper sich grade so gegen einander bewegen, als ob sie sich anzögen. Hier haben wir also schon den Versuch einer „Kopernikanischen Correctur.“ Die Materie schiebt nicht, sondern wird vom Aether geschoben. Erinnern wir uns an das zum Schluss des ersten Abschnitts Gesagte, so erkennen wir die Fusstapfen jener Schritte, die Newton in seinen jüngeren Jahren zur Entdeckung eines mechanischen Hintergrundes seiner Gravitationslehre that, hier deutlich wieder. In einem Brief an Boyle vom 28. Febr. 1678, also mehr als zwei Jahre nach seinem Bericht an die Royal Society schrieb er noch: „ich suche in dem Aether die Ursache der Gravitation.“ Später aber beschied er sich dahin, diesem Versuche keinen besonderen Werth mehr beizulegen und erklärte: „hypotheses non fingo.“ (Princ. p. 676.)

Spiller unternimmt es nun, den damals von Newton aufgegebenen Gedanken zu verarbeiten, die Consequenzen desselben nach allen Seiten zu verfolgen und durchzuführen. Er gewinnt auf diese Art ein vollständiges System der Naturlehre und erklärt nicht blos die Gravitation, sondern alle Probleme der Optik, der Electricität, der Wärme etc. aus dem einen Princip eines im ganzen Weltraume verbreiteten, vollkommen elastischen Aethers. In seiner „Urkraft des Weltalls“, einem umfangreichen Werke, das er, wie er in der Vorrede sagt, „am Abende seines Lebens gewissermassen als sein wissenschaftliches Testament, wie es Verstand und Herz ihm eingegeben“ veröffentlichte, kleidet er die Grundlage seiner Gravitationserklärung in folgende Worte ¹⁾

„Sind c und o zwei Atome mit ihren verdichteten Aetherhüllen, stellt die Ebene des Papiers eine Ebene dar, in welcher die Centrallinie co liegt, und denkt man sich durch c und o zwei auf co senkrechte, also untereinander parallele Ebenen gelegt, von welchen su und ik als Durchschnittslinien mit der ersten Ebene erscheinen, so heben alle die Druckkräfte des Weltäthers, welche zwischen diesen zwei Ebenen die beiden Atome treffen sollen, einander auf. Die Kräfte nämlich, welche unter gleichen Winkeln gegen die Centrallinie, z. B. in den Richtungen mc und no auf die Atome c und o wirken, treffen einander in x und setzen sich zu einer Kraft zusammen, (!) welche von x aus nach v wirkt; die in den Richtungen ac und eo wirkenden Druckkräfte geben eine von r aus auch nach v wirksame resultirende Kraft, u. s. w. Da nun alle diese Kräfte auf beiden Seiten der Centrallinie einander gleich sind und ihre Resultirenden bei ihrer gradlinig entgegengesetzten Wirkung nach v einander aufheben, so besitzen diese Druckkräfte des Weltäthers auf die Bewegung der beiden Atome gar keinen Einfluss.

„Denkt man sich die erste Ebene zwischen den beiden parallelen Ebenen um die Centrallinie co gedreht, so gelten diese Betrachtungen genau auch für jede beliebige Lage derselben, also für den ganzen Raum zwischen den beiden parallelen Ebenen, so dass diese Druckkräfte des

Fig. 1.



¹⁾ Prof. Ph. Spiller „die Urkraft des Weltalls“. Berlin 1876 pag. 111.

Weltäthers (auf) die beiden inneren oder einander zugekehrten Hälften der Atome unwirksam, also nicht fähig sind, dieselben auseinander zu treiben.

„Anders ist es mit den Druckkräften, welche auf die ausserhalb der beiden Ebenen liegenden Hälften der Atome wirken. Denken wir uns zunächst eine einzelne Ebene, in welcher die Centrallinie mit ihren Verlängerungen cy und oz liegt und welche auf den Ebenen us und ik lothrecht steht; nehmen wir den Weltäther auf die Atome in zwei Richtungen wirksam an, welche in dieser Ebene die verlängerte Centrallinie unter gleichen Winkeln treffen, auf das Atom c z. B. in den Richtungen hc und we , auf das Atom o in den Richtungen do und go ; so muss die Resultirende in jenem Falle von c nach o , in diesem von o nach c gerichtet sein. Wie dieses von dem einen Kräftepaare in unserer Ebene gilt, so von jedem anderen, wenn die Winkelrichtung dieselbe ist. Nimmt man endlich unsere Ebene um die yz gedreht an, so gelten diese Betrachtungen genau für alle Kräftepaare in jeder Lage der Ebene, also überhaupt für alle Kräfte, welche auf die äusseren Hälften der Atome wirken.

„Da nun die Druckkräfte des Weltäthers, welche auf die innerhalb der beiden Ebenen su und ki liegenden Hälften der Atome sich äusseren wollen, unwirksam sind, so kommt nur noch der auf die ausserhalb dieser Ebenen wirkende Druck auf die für den Weltäther undurchdringlichen Atome in Betracht. Nun aber treibt die Resultirende aller auf das Atom c ausserhalb us wirkenden Kräfte dieses Atom nach o hin, und die Resultirende aller ausserhalb ik auf o wirkenden Kräfte dieses Atom nach c , so dass das Endergebniss ein Zusammentreffen der Atome im Halbirungspunkte v der Centrallinie ist. Die Anziehung zweier Atome gegeneinander in der Richtung ihrer Centrallinie ist nur ein Schein, eine Täuschung, denn sie werden vielmehr in dieser Richtung zusammengedrückt.“

Einen formalen Fehler in dieser Argumentation finde ich an dem Punkte, wo Spiller die beiden Kräfte mc und no , deren Richtungen sich in x schneiden, zu einer Resultante xv zusammensetzt. Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte kann hier keine Anwendung finden, weil die beiden Seitenkräfte nicht auf einen, sondern auf die zwei verschiedenen Körper c und o wirken. Würde als dieser eine Körper etwa ein in x befindliches Aetheratom angenommen, so ist nicht einzusehen, weshalb dieses, da es doch vollkommen elastisch ist, die in der Richtung mx und nx herrschende Druckspannung nicht in denselben Richtungen weiter, sondern nur in der Richtung xo fortpflanzen sollte.

Die beiden auswärtigen Kräfte hc und nc sind richtig componirt, sie haben eine in der Richtung yc wirkende Resultante; aber auf der andern Seite müssten ebenso die beiden Kräfte mc und die beiden no zu Resultanten in der Richtung oc resp. co componirt werden und dann ergibt sich als Resultat ihrer Vereinigung das Streben, die beiden Atome c und o auseinander zu treiben. Wir hätten auf diese Weise sowohl Innendruck als auch Aussendruck und es kommt nur darauf an, einen Ueberschuss des letzteren über den ersteren zu constatiren. Spiller dagegen setzt diesen Innendruck gleich Null. „Steht einem Atome (pag. 112) ein zweites gegenüber, so ist die Spannkraft des Weltäthers zwischen ihnen aufgehoben und es ist, als wäre der Zwischenraum zwischen ihnen ätherleer.“

Dies ist ein verhängnissvoller Irrthum und ich möchte wohl glauben, dass mancher Fachgenosse sich durch denselben hat bestimmen lassen, das Buch aus der Hand zu legen. Wir wollen aber auf die Gedanken Spillers noch etwas näher eingehen und wenigstens diejenigen beiden Punkte besprechen, welche bei der Gravitationsfrage die wichtigsten sind, nämlich die Einführung der Masse und der Entfernung in den analytischen Ausdruck für das Gesetz des Druckes.

„Stehen zwei Atome einander gegenüber, von welchen das eine die doppelte Masse des andern hat, so wird ein gleicher Druck auf beide das leichtere doppelt so stark zu dem gewichtigeren treiben und es wird, wenn, wie hier, die treibende Kraft sinnlich nicht wahrnehmbar ist, den Schein verursachen, als ob das Doppelatom mit einer in ihm selbst liegenden doppelten Kraft das andere anzöge. Dass diese Kraft zweier Massen gegeneinander nicht von ihrem Volumen, sondern von ihrer Gewichtsgrösse abhängt, rührt also von dem ungleichen passiven Widerstande her, den die Atome selbst als die Angriffspunkte für die Druckkraft des Weltäthers entgegensetzen. Man hat daher das Gesetz aufgestellt: Die anziehenden Kräfte (A, a_1) zweier Körper verhalten sich bei bestimmter Entfernung zu einander wie ihre Massen (M, m):

$$1) \dots \dots \dots A : a_1 = M : m.$$

Was Spiller hier A nennt, nämlich die Anziehung der Masse M auf die Masse m , das misst er durch die Geschwindigkeit c , welche letztere durch jene Anziehung erhält. Ebenso dient die Geschwindigkeit C der Masse M dazu, um die Anziehung a_1 der Masse m zu messen. Das Verhältniss $A : a_1$ ist also identisch mit dem Verhältniss $c : C$. Setzen wir das ein, so erhalten wir: $c : C = M : m$ oder $cm = CM$, das heisst nichts Anderes als: Bei gleicher Quantität der Bewegung verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Massen — ein ganz allgemeines Gesetz der Mechanik, welches speciell mit der Gravitation nichts zu thun hat. Will man für diese irgend eine mechanische Erklärung aufstellen, so muss man eine ganz andere Proportion entwickeln. Bedeuten nämlich einerseits M und m , andererseits M_1 und m_1 zwei Massenpaare und a resp. a_1 die in jedem Paare wirksame Anziehungskraft, so verhält sich bei gleicher Entfernung nach Newton: $a : a_1 = Mm : M_1 m_1$. Für die Erklärung des in dieser Proportion zum Ausdruck kommenden Massen-Einflusses ist die Spillersche Betrachtung werthlos.

Das umgekehrte Verhältniss zum Quadrat der Entfernung wird ebenfalls nicht richtig in die Formel eingeführt.

„Steht einem Atome ein zweites gegenüber, so ist die Spannkraft des Weltäthers zwischen ihnen aufgehoben, und es ist, als wäre der Zwischenraum ätherleer. Die nothwendige Folge davon ist, dass die Atome nicht mit gleichbleibender, sondern mit gleichmässig beschleunigter Geschwindigkeit gegeneinander sich bewegen, denn der Weltäther wirkt fortwährend mit gleicher Druckkraft (!) so dass jedes Atom nach

1, 2, 3, 4 Zeiteinheiten die Räume

1, 4, 9, 16 zurückgelegt hat.

Nimmt das Atom K seinen gradlinigen Weg nach dem Atom L hin, so gewährt es ebenfalls den Schein, als ob das Atom K von L angezogen würde und zwar in der letzten von den vier Zeiteinheiten um 16 Raumeinheiten, (ist schon falsch! Nicht in der letzten, sondern in allen vier Zeiteinheiten zusammen), in der vorletzten um 9, in der drittletzten um 4, in der viertletzten um 1 Raumeinheit. Die scheinbare Anziehung des Atoms L gegen K nimmt also im umgekehrten quadratischen Verhältnisse seiner Entfernung von K ab. Wenn für zwei verschiedene Entfernungen E und e die anziehenden Kräfte für bestimmte Massen a_1 und a heissen, so steht:

$$2) \dots \dots \dots a^1 : a = e^2 : E^2$$

Durch Zusammensetzung der beiden Proportionen 1) und 2) entsteht das bekannte Gravitationsgesetz: $A : a = \frac{M}{E^2} : \frac{m}{e^2}$.

Auch diese Entwicklung ist verfehlt. Die obigen Ziffern 1, 4, 9, 16 enthalten ja keineswegs die Entfernungen der Körper in den betreffenden Zeitmomenten, sondern die

Annäherungen derselben. Betrüge die Anfangsentfernung z. B. r , so würden nach 1, 2, 3, 4 Zeiteinheiten die Entfernungen betragen $r-1$, $r-4$, $r-9$, $r-16$ etc. Nun verhält sich aber keineswegs $1 : 4 : 9 : 16 = \frac{1}{(r-1)^2} : \frac{1}{(r-2)^2} : \frac{1}{(r-3)^2} : \frac{1}{(r-4)^2}$. — Wenn also auch in der That bewiesen worden wäre, dass die Kraft scheinbar im Verhältniss der Zahlen 1, 4, 9, 16 wüchse, so würde es doch nicht erlaubt sein, dafür allgemein das Verhältniss $\frac{1}{e^2} : \frac{1}{E^2}$ zu substituiren. Aber das Erstere ist in Wirklichkeit nicht bewiesen worden. Aus der Spiller'schen Betrachtung geht nichts Anders als das bekannte Fallgesetz $F = t^2 \frac{g}{2}$ hervor, wobei g , die gravitas, als eine Constante gilt. Dass die Totalwege im quadratischen Verhältniss zur Zeit wachsen, ist dabei lediglich eine Folge des Beharrungsvermögens. Bei dem sogenannten „freien Fall“ wird eben die Veränderung der Entfernung ausser Acht gelassen, und das kann auch ohne grossen Fehler geschehen, weil die Fallräume im Verhältniss zum Erdradius verschwindend klein sind. Handelt es sich aber um die Erklärung der Gravitation, so kann uns eine „fortwährend gleiche Druckkraft“ des Weltäthers absolut nicht helfen. Wenn derselbe sich mit seiner Druckkraft nach der Entfernung, und zwar nach dem reciproken Werth ihres Quadrates (und überdies auch nach dem Massenprodukte) richten will, so wird er uns als Ersatz für das unbegreifliche Dogma von der unvermittelten Wirkung in die Ferne willkommen sein.

Möge der hochgeehrte Herr Verfasser der „Urkraft“ mir vergeben, dass ich auf diesen Abschnitt derselben hier noch eingegangen bin, obschon ich durch briefliche Mittheilung von ihm weiss, dass er den betreffenden Passus seines Buches einer fundamentalen Umarbeitung unterziehen will. Es steht nicht in meiner Macht, mit der Veröffentlichung vorliegender Abhandlung bis nach Erscheinen einer neuen Auflage seines Buches zu warten. Gern benutze ich aber hier die Gelegenheit, um ihm öffentlich meinen Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit, mit welcher 'er auf eine briefliche Discussion der im vorliegenden Kapitel enthaltenen Ausstellungen einging. Diese Bereitwilligkeit verdient um so grössere Anerkennung und Bewunderung, als es ein 78jähriger Greis ist, der bei fortwährender eigener literarischer Thätigkeit mit emsigstem Fleiss alle in sein Fach einschlagenden Erzeugnisse der Literatur kennen zu lernen und zu bewältigen sich bestrebt.

Ich möchte aber die ganze Aetherdrucktheorie noch von einer andern Seite beleuchten, um zu zeigen, weshalb die Erklärung der Gravitation auf diesem Wege unmöglich scheint.

Denken wir uns die ganze Welt in einem Meere von Aether schwimmend, und nehmen mit Spiller an, es herrsche in diesem Meere an einem bestimmten Orte ein bestimmter Druck. dann setzt kein Körper diesem Druck nach irgend einer Seite hin ein Hinderniss in den Weg. Derselbe pflanzt sich durch die beweglichen Aetheratome um den Körper herum fort, ist überall gleich stark und nirgendwo ein Ueberschuss vorhanden. Das ist ein allgemeines Gesetz der Statik flüssiger und luftförmiger Körper, welches als unmittelbare Consequenz der Beweglichkeit ihrer Atome sofort einleuchtet. Aus diesem Grunde scheint es mir unmöglich, durch statischen Druck eine Bewegung nach irgend einer Seite hin zu erklären. Kein Körper vermag den andern vor Aetherdruck zu schützen, ebenso wie irgend eine Wand den dahinter Stehenden wohl vor Luftstoss, aber nicht vor Luftdruck zu schützen vermag. Das Barometer steht ceteris paribus gleich hoch im Zimmer wie im Freien. In einem Alles durchdringenden und jedes Atom umfliessenden Aether kann es also keinen „Druckschatten“ geben.

Ueberhaupt scheint mir aber, seitdem durch Krönig, Clausius und Maxwell der Druck der Gase auf den Stoss der Moleküle zurückgeführt ist, die Uebertragung der alten Vorstellung vom statischen Druck auf den Aether nicht mehr möglich. Es wäre das ein unberechtigtes Festhalten und Verallgemeinern eines wissenschaftlich schon überwundenen Standpunktes.

V.

Gehen wir nun zu denjenigen Theorien über, nach welchen nicht im Druck, sondern in einer Bewegung des Aethers die mechanische Ursache der Gravitationsphänomene gesucht wird, so müssen wir zunächst zwei verschiedene Grundanschauungen auseinanderhalten. Denkt man sich den Aether so bewegt, dass jedes Theilchen etwa wie ein Uhrpendel um seine Ruhelage hin und her schwingt, so hat man ein wellenförmig undulirendes Fluidum, wie es bisher der sogenannten Vibrationstheorie des Lichtes zu Grunde lag. Ein bis in's Einzelne ausgeführter Versuch, auf Grundlage dieser Anschauung nicht allein die Gravitation sondern alle physikalischen und chemischen Erscheinungen zu erklären, ist von Baron N. Dellingshausen in seinem Buche: „Grundzüge einer Vibrationstheorie der Natur“ Reval 1872 gemacht worden. — Andere denken sich die Aetheratome wie abgeschossene Flintenkugeln von unendlicher Kleinheit nach allen Richtungen durch den Raum fliegen und bauen darauf die Erklärung der Gravitation. Dabei sind auch wieder zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem man nämlich diesen Atomen Elasticität zuschreibt oder nicht. Das erstere ist von Schramm, Direktor der n. ö. Landes-Ober-Realschule in Wiener Neustadt in seiner Schrift: „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundlage aller Naturerscheinungen“ Wien 1873, vielleicht auch schon am Anfang unseres Jahrhunderts von dem Schweizer Naturforscher Lesage geschehen. Ein Versuch nach der letztgenannten Seite hin wird den zweiten Theil meiner Abhandlung bilden.

Wir haben uns also zuerst der Theorie des Baron Dellingshausen zuzuwenden. Dellingshausen weicht von der ganzen jetzt herrschenden Naturanschauung auf die fundamentalste Weise dadurch ab, dass er eine continuirliche Raumerfüllung der Materie postulirt, sich also in principiellen Gegensatz zur Atomistik setzt. Seine Atome sind Vibrationsatome, und er versteht darunter stehende Wellen einer wesentlich homogenen Substanz, die durch den ganzen Weltenraum identisch ist. Wenn eine Saite tönt, so schwingt sie entweder als Ganzes oder theilt sich in verschiedene Abschnitte, die durch relativ ruhige Knotenpunkte von einander getrennt sind. Bei den Chladni'schen Klangfiguren wird jede Scheibe durch Knotenlinien in schwingende Theile zerlegt. Die Ausdehnung dieser Betrachtung auf die dritte Dimension liefert das Bild eines allseitig durch Knotenflächen abgegrenzten Raumes, dessen Inhalt sich in lebhafter Oscillation befinden kann, während seine Oberfläche ruhig bleibt. So denkt Dellingshausen sich die Atome. — Jedes Vibrationsatom nun strahlt nach allen Seiten des Raumes fortschreitende Wellen aus und grade der Umstand, dass solche fortschreitende Wellen nach allen Seiten gehen und von allen Seiten herkommen, muss als die Entstehungsursache der stehenden Wellen, der Vibrationsatome, betrachtet werden. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass da, wo eine fortschreitende Welle reflectirt wird, oder wo zwei von einander unabhängige sich entgegenkommen, die Bildung von stehenden Wellen die Folge ist. Wäre nun der den Raum erfüllende Stoff überall von

gleich vollkommener Elasticität, und überall in gleicher Dichte ausgebreitet, so würde die Welt leer erscheinen wie das Nichts. Nimmt man aber nur eine noch so geringe Unvollkommenheit in der Elasticität jener Substanz an, so muss die Energie der Vibrationen allmählich abnehmen, das Universum erkaltet.

„Eine solche Voraussetzung¹⁾ scheint durch vielfache Beobachtungen der Geologie gerechtfertigt zu sein. Wenn unser Weltkörper in urvordenklichen Zeiten im feurig flüssigen Zustande gewesen ist, wenn er dann Perioden durchgemacht hat, in denen zuerst seine Oberfläche erstarrte, dann Zeiten, in welchen sich Wasser auf seiner erkalteten Oberfläche ansammelte, und wenn erst jetzt ein Zustand eingetreten ist, wo das Gedeihen und die Fortentwicklung der organischen Gebilde möglich geworden sind, so erscheint die Entwicklung unseres Erdkörpers und mit ihm der ganzen Welt als ein fortwährender Erkaltungsprocess, in dem der gegenwärtige Moment nur ein vorübergehender Zustand ist.“

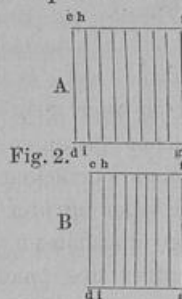
„Die fortwährende Abkühlung des Weltäthers kann möglicherweise vor vielen, vielen Millionen Jahren einen Zustand herbeigeführt haben, in welchem der Weltäther, obgleich im unendlichen Raume verbreitet, aber ebenso unendlich wie dieser, seinen Sättigungspunkt, gleich den uns bekannten Dämpfen, erreicht hatte, so dass eine weitere Abkühlung ohne das Eintreten von Condensationen nicht mehr möglich war. Der Vorgang bei solchen Condensationen ist uns aus der Betrachtung der Verflüssigung der Dämpfe und Gase bekannt; mehrere Vibrationsatome fließen dabei in ein Vibrationsatom zusammen, die Dichtigkeit der Materie nimmt plötzlich zu, wobei auch eine Veränderung in der Dauer der Wärmevibrationen stattfinden kann.

„Treten nun in der That in dem bis dahin ruhenden und gleichmässigen Weltäther solche Condensationen an einer oder an mehreren Stellen ein, so musste durch das Zusammenfließen mehrerer Vibrationsatome dieselbe Wirkung geäußert werden, als ob mehrere Vibrationsatome aus dem Weltäther herausgenommen worden wären. Vom Orte der Condensation konnten von nun an die Wärmewellen weder in gleicher Anzahl, noch in gleicher Art, wie vorher, ausgesandt werden. Die nach dem Mittelpunkte der Condensation gerichteten Wärmewellen des Weltäthers mussten sich, ihres Complements zur Bildung stehender Wärmewellen beraubt, als fortschreitende Wellen weiter fortpflanzen und durch ihre bewegende Kraft ein allgemeines Strömen des Weltäthers nach dem Orte der Condensation veranlassen.“

Hiermit ist ein Cardinalpunkt der Gravitationserklärung Dellingshausens ausgesprochen. Wenn zwei Wellenzüge bisher einander entgegen wirkten und durch ihre Interferenz die Bildung von stehenden Wellen veranlassten, wenn aber mit einem Male aus irgend einem Grunde einer der beiden Wellenzüge ausbleibt, so müssen aus den stehenden Wellen fortschreitende werden, und diese müssen auch ihren Weg nach jenem Punkte hin nehmen, von wo ihre Antagonisten früher herkamen. Soweit ist die Schlussfolge Dellingshausens wohl richtig. Aber — diese fortschreitenden Wellen haben eine „bewegende Kraft“? sie veranlassen ein „Strömen des Weltäthers“? — Damit ist der Boden der bisher bekannten physikalischen Gesetze verlassen. Wenn ein Stück Holz auf einem Teiche schwimmt und man durch einen Steinwurf einen Wellenzug veranlasst, der von der Mitte in stets weiteren Kreisen nach dem Ufer geht, so wird durch diese fortschreitenden Wellen das Holz gehoben und gesenkt, es nimmt Theil an der Oscillation der

¹⁾ B. v. D. „Grundzüge einer Vibrationstheorie der Natur“ pag. 336 u. ff.

Wassertheilchen, von denen es getragen wird, aber es wird nicht an das Ufer geführt, sondern nimmt, wenn der Spiegel wieder glatt geworden, seine alte Stelle wieder ein. Dellingshausen stützt sich bei obiger These auf kein beweisendes Experiment, ¹⁾ sondern auf folgende aprioristische Ueberlegung. Denken wir uns einen Körper, (der Einfachheit halber von cubischer Gestalt) welcher auf eine seiner Flächen, etwa cd Fig. 2, einen Impuls erfährt, so wird sich im ersten Moment die Fläche cd etwas nach rechts verschieben. (Wir dürfen nicht vergessen, dass wir uns den „Körper“ und das umgebende „Medium“ von einer und derselben elastischen Substanz zu denken haben.) Es wird eine Verdichtung entstehen, welche sich allmählich durch den ganzen Körper hindurch ziehen, zuletzt auch die rechte Seite desselben erreichen und ihr eine ebenso grosse Verschiebung mittheilen muss, als die ist, welche die linke durch den Impuls erlitten hat.



„Nach einer Verdichtung (v. D. p. 57) tritt stets eine Ausdehnung ein, durch welche eine Verdünnung hervorgebracht wird.“ Diese „erfolgt nicht auf die Weise, dass die Fläche cd eine rückgängige Bewegung antritt, sondern sie bleibt theils durch den Widerstand des nachrückenden Mediums, in dem sich der Körper bewegt, theils dadurch, dass die rechts von cd liegenden Theile selbst noch in einer Bewegung nach rechts hin begriffen sind und folglich keinen hinreichenden Widerstand leisten können, in Ruhe, während die Verdünnung sich von ihr ausbildet. — Indem diese Verdünnung, auf die folgende Verdichtung folgend, den Körper durchläuft, ertheilt sie allen Theilen, und zuletzt auch der Grenzfläche fg eine weitere Verschiebung nach rechts hin.“

Dellingshausen will uns also glauben machen, wenn der Stoss von links erfolge, so verschöbe jede Verdichtung die rechtsseitige Grenze vorwärts und jede Verdünnung bewirke dasselbe; also sei die continuirliche Bewegung des Körpers nicht etwa, wie wir zu sagen gewohnt sind, eine Folge des Beharrungsvermögens, welches er perhorrescirt, ²⁾ sondern lediglich die Folge eines innerlichen Vibrationszustandes. Er denkt sich die Art einer solchen Bewegung „gleich dem Kriechen eines Wurmes.“ Es ist „nur ein abwechselndes Ausdehnen und Sichwiederzusammenziehen!“

¹⁾ pag. 72 ist allerdings ein Tyndall'scher Versuch erwähnt: „Ein Messingstab wird in horizontaler Lage in der Mitte von einer Klemme gehalten, während eine frei hängende Elfenbeinkugel das eine Ende des Stabes berührt. Wenn man den Stab mit einem eingearzten Leder bestreicht, so wird er in Längsschwingungen versetzt. Sobald der Ton erklingt, wird die Kugel mit Heftigkeit zurückgeworfen. Die Schallwellen wirken also durch ihre Stösse als bewegende Kraft.“

Mit diesem Experiment ist aber für die Sache, um welche es sich hier handelt, gar nichts bewiesen. Wenn beim Tönen des Stabes das letzte Messingtheilchen seine Bewegung nach aussen macht, so stösst es die Elfenbeinkugel fort. Dadurch ist aber jede Beziehung des Stabes zur Kugel aufgehoben; das Messingtheilchen zieht sich zurück, kann aber durch diese Bewegung keinen Einfluss mehr auf die Kugel ausüben. Könnte es das noch, so würde der Rückstoss dem Vorstoss gleich und entgegengesetzt wirken, also das Resultat gleich Null sein. Anders liegt die Sache, wenn ein beweglicher Körper von einem vibrirenden Medium umflossen, oder selbst Theil eines solchen ist. Da behält das Medium seinen Einfluss auf das bewegte Theilchen bei; der Rückstoss erfolgt wirklich, und der zurückgelegte Weg ist im Allgemeinen eine geschlossene Curve, aber keine im Raum fortschreitende grade Linie.

²⁾ Er ist nicht der Einzige, der die gewöhnliche Anschauung von dem Beharrungsvermögen verwirft und eine Erklärung der demselben zugeschriebenen Erscheinungen auf einer andern Grundlage erbauen will. Auch Spiller möchte es aus der Welt schaffen und findet den mechanischen Ersatz in dem „nachstürzenden

Gewiss ist es ein höchst anerkennenswerthes Unternehmen und entspricht der ganzen Tendenz der modernen Naturwissenschaft, mit den bisher noch angenommenen Kräften und Vermögen möglichst aufzuräumen; denn dieselben sind nichts als testimonia paupertatis für die Physik, sie sind nur Namen für „unbekannte Ursachen unerklärter Erscheinungen.“ Wenn ich aber die von Dellingshausen oben angeführten Gründe prüfe, so kann ich denselben nicht zustimmen. Der erste basirt auf dem „Widerstand des nachrückenden Mediums.“ Dieses Medium befindet sich aber nicht bloß hinter, sondern auch vor dem Körper; denselben Widerstand, den es bei einer etwaigen Oscillation dem Zurückweichen der hinteren Fläche entgegengesetzt, setzt es auch dem Vorrücken der Vorderfläche entgegen, eher noch einer grösseren, weil es vor dem bewegten Körper dichter sein muss, als hinter demselben. Diesen Widerstand vor dem Körper lässt Dellingshausen hier ganz ausser Acht, und doch ist er so gross, dass er nicht allein den Stoss-effect des „nachrückenden Mediums“ gänzlich vernichten, sondern bekanntlich auch noch die lebendige Kraft des Körpers allmählich aufreiben und ihn zur Ruhe bringen kann. Es ist eine nicht wegzuleugnende Thatsache, dass die Geschwindigkeit eines gestossenen Körpers um so constanter ist, je weniger „Medium“ ihn umgibt. Wäre aber, wie Dellingshausen will, das nachrückende Medium ein Mittel, die Bewegung des Körpers aufrecht zu erhalten, so müsste grade das Umgekehrte der Fall sein.

Der zweite Grund beruht darauf, dass „die rechts von cd befindlichen Theile des Körpers noch in einer Bewegung nach rechts hin begriffen sind.“ Betrachten wir aber die Art einer jeden Oscillationsbewegung genauer, so finden wir, dass auch dies nicht stichhaltig ist. In dem Moment, wo cd die Grenze seiner Oscillations-Amplitude erreicht hat, sind die zunächst benachbarten Theilchen hi (Fig. 2. B.) des Körpers allerdings noch im letzten Stadium ihrer Bewegung nach rechts. Im folgenden Moment aber haben auch diese schon die Grenze ihrer Amplitude erreicht und befinden sich mithin in momentaner Ruhe. Soll nun in diesem selben Moment die Verdünnung ihren Anfang nehmen, so kann dies nur dadurch geschehen, dass die Fläche cd ihren Rückweg nach links antritt; dann werden die benachbarten Theilchen folgen und am Ende jeder Oscillationsperiode haben wir sie wieder an der Stelle, wo sie sich am Anfang befanden.

Aus diesen Gründen halte ich den Beweis des sehr paradoxen, aber für die vorliegende Theorie grundlegenden Satzes von der Stosskraft der fortlaufenden Wellen für gänzlich misslungen. — So wie nun nach Dellingshausen jede einzelne fortschreitende Welle eine stossende Kraft besitzen und eine constante Geschwindigkeit erzeugen soll, so soll ein regelmässig wiederkehrender Wellenschlag gleich einer Reihe von Stössen wirken, und dasselbe sein, was wir

Aether.“ Wie leicht man aber dabei in den Fehler fällt, das Beharrungsvermögen als solches zu leugnen, und es nun zu seinen Schlüssen doch wieder zu benutzen, beweist Dellingshausen pag. 61, wo er sagt: „Alle Theile, welche aus ihrer Gleichgewichtslage verschoben sind, streben mit einer zu einander relativen beschleunigten Bewegung danach, wieder ihre gegenseitige Gleichgewichtslage zu erreichen, und erlangen dabei eine Geschwindigkeit, welche sie über dieselbe hinaus führt u. s. w.“

Warum führt denn aber die erlangte Geschwindigkeit die Theile über ihre Gleichgewichtslage hinaus, wenn diese Theile kein Beharrungsvermögen haben? — Wer überhaupt Vibrationsbewegungen zur Erklärung irgend eines Phänomens benutzt, der benutzt implicite das Beharrungsvermögen der vibrirenden Substanz. Ohne letzteres würde ein Pendel oder eine Saite, die angestossen wurden, bei ihrer ersten Rückkehr in die primäre Lage einfach in Ruhe bleiben und keine einzige Oscillation vollständig zu Stande bringen.

sonst eine beständige Kraft nennen. Der Effect derselben ist eine constante Beschleunigung. Bei der Anwendung dieser Principien auf die Gravitationsphänomene wird nun noch, um den Einfluss der Massen in den analytischen Ausdruck einführen zu können, „angenommen, dass alle Körper wegen der überaus kurzen Dauer der Vibrationen im Weltäther, für alle fortschreitenden Aetherwellen, so wie für die durch den Stoss der Aetherwellen angeregten Gravitationswellen vollkommen durchsichtig sind.“ Ich mache hier auf diese „vollkommene Durchsichtigkeit“ für die Impulse des Aethers besonders aufmerksam, weil später bei anderen Autoren dieselbe Hypothese — nur ein wenig metamorphosirt — uns wieder begegnen wird. Das Quadrat der Entfernung gelangt zur Geltung durch folgende Entwicklung. „Wegen der vollkommenen Elasticität der Materie können wir annehmen, dass die innere lebendige Kraft und die Quantität der Bewegung, welche in den fortschreitenden Aetherwellen in einem bestimmten Momente auf einer Kugelfläche enthalten sind, nach einiger Zeit bei der concentrischen Bewegung der Aetherwellen, wie bei dem vollkommen elastischen Stosse zweier Körper, ohne jeden Verlust auf eine kleinere Kugel übertragen werden Die Kugeloberflächen aber verhalten sich, wie die Quadrate ihrer Halbmesser etc.“ Auf Grund dieser Annahmen wird nun bei den Planetenbewegungen für die Beschleunigung k , mit welcher sie sich zur Sonne bewegen, der Ausdruck $k = \frac{g_1 + g_2}{r^2}$ gefunden, woraus sich dann die allgemeine Gleichung der Bahn, sowie das zweite und dritte Kepler'sche Gesetz ohne Schwierigkeit ergeben.

Die Theorie Dellingshausens hat, wie mir scheint, in wissenschaftlichen Kreisen wenig Beachtung gefunden. ¹⁾ Vielleicht rührt diese Vernachlässigung daher, dass seine Naturauffassung auf einem von der jetzt herrschenden Atomistik so wesentlich verschiedenen Boden steht, vielleicht daher, dass die in vorstehenden Erörterungen dargelegten Mängel in der fundamentalen Begründung seiner Sätze auch anderwärts aufgefallen sind und von einer eingehenden Prüfung seiner Conclusionen abgehalten haben. Trotz jener Mängel aber stehe ich nicht an, das Werk der Beachtung aller Fachgenossen zu empfehlen, besonders deshalb, weil es nach einer anderen Seite, die von den beanstandeten Punkten weniger abhängig ist, grosses Interesse darbietet. Die Theorie der Aggregatzustände und die Grundlagen der Chemie werden darin auf der Basis einer „continuirlichen Raumerfüllung der Materie,“ ohne Benutzung von Affinität, überhaupt ohne anziehende und abstossende Kräfte ausführlich entwickelt; und dieser Versuch, mag er gelungen oder misslungen sein, immerhin ist er sehr interessant.

VI.

Der Uebergang von der Vibrationslehre Dellingshausens zu jener Stosstheorie, welche von Lesage und Schramm aufgestellt wurde, ist ein sehr schroffer; wir würden die so eben entwickelten Vorstellungen von der Constitution der Materie gänzlich verlassen und plötzlich in einen neuen Gedankenkreis eintreten müssen. Als Vermittelung zwischen beiden bietet sich uns hier aber eine Theorie dar, welche von dem Engländer Thomson herrührt und die zwar schliesslich

¹⁾ Mir sind nur zwei kurze Kritiken seiner Bücher in Zarncke's Lit. Centralbl. bekannt geworden, und diese gehen auf die oben hervorgehobenen Punkte gar nicht ein.

auch auf Stösse hinausläuft, die aber doch wenigstens äusserlich noch einige Anknüpfungspunkte an unsere bisherigen Betrachtungen darbietet.

In der That scheint es kein weiter Schritt — und wer sich etwa an gewisse akustische Experimente erinnert, dem wird er recht naheliegend vorkommen — von der einfach linearen Vibration zu einer kreisförmigen oder elliptischen, von Dellingshausens Atomen zu den Wirbelatomen Thomsons überzugehen. Und doch ist die Verwandtschaft beider Theorien im Grunde nur eine äusserliche. Zunächst glaube ich nicht, dass Thomson auf einer continuirlichen, jede Leere ausschliessenden Raumerfüllung der Materie fusst.

Zwar lese ich darüber in der zwölften Vorlesung von Tait ¹⁾ „... die ... ganz neuerdings von Sir William Thomson in Vorschlag gebrachte (Hypothese), nach welcher das was wir Materie nennen, in Wirklichkeit nur die rotirenden Theile eines den ganzen Raum erfüllenden Mediums sind. Wir hätten dann also eine Wirbelbewegung einer überall vorhandenen Flüssigkeit.“ Dass diese „überall vorhandene“ Flüssigkeit doch nicht auf's allerstrengste als eine durchaus nirgends fehlende gedacht sein dürfte, scheint mir aus dem Umstand hervorzugehen, dass Tait die Thomson'sche Hypothese als Beispiel einer Art von „Vorstellungen über die Constitution der Materie“ anführt, nach welcher dieselbe „da wo ein Körper keine Poren besitzt, den Raum stetig erfüllt. Nach dieser Vorstellung ist auch bei einem porösen Körper, wie bei einem Schwamme, jeder Theil, der so klein angenommen wird, dass er keine Poren enthält, stetig ...“ Später (pag. 244) sagt er noch einmal: „Wenn wir also W. Thomson's Voraussetzung adoptiren, dass der Weltraum mit Etwas erfüllt ist, was wir kein Recht haben gewöhnliche Materie zu nennen, (obgleich es Trägheit besitzen muss) das jedoch eine vollkommene Flüssigkeit genannt werden kann, so etc.“ Auch hier sind wir nicht gezwungen, das Wort „erfüllen“ so streng zu nehmen, dass damit eine absolute Continuirllichkeit der Materie ausgesprochen wäre, vielmehr scheint mir die oben angeführte Restriction: „da wo keine Poren sind“ auch hier ergänzt werden zu müssen.

Wäre in der That durch jenes „Erfüllen“ des Weltraumes jede Leere ausgeschlossen, so würde die Erörterung der Frage, wie sich eine solche Theorie mit der Undurchdringlichkeit der Materie verträgt, unvermeidlich sein. Betrachten wir z. B. irgend einen kleinen Raumtheil, etwa eines Dellingshausen'schen Vibrationsatoms, und denken wir ihn uns eben in dem Stadium der Verdünnung. Die undulirende Materie erfüllt jenen Raumtheil continuirlich, nirgends ist trotz der Verdünnung ein leerer Ort. Nun aber tritt die Verdichtung ein. In denselben Raumtheil soll jetzt mehr Materie eindringen. Wohin denn aber? Da die hinzukommende Materie keine leeren vorfindet, so muss sie an solche Orte rücken, die vorher schon besetzt waren, und damit ist augenscheinlich die Undurchdringlichkeit der Materie direct negirt. Es würde sehr oberflächlich gedacht sein, wollte man sich hierbei auf die Comprimirbarkeit der Gase berufen und etwa sagen, ein und derselbe Hohlcylinder könnte je nach dem angewandten Druck sehr verschiedene Mengen irgend einer Luftart enthalten. Damit ist weiter nichts bewiesen, als dass die Luft, so lange sie noch comprimirbar ist, den Raum auch noch nicht continuirlich erfüllt; dass für neuhinzutretende Atome immer noch leere Plätze

¹⁾ P. G. Tait. „Vorlesungen über einige neuere Fortschritte der Physik.“ Autorisirte deutsche Ausgabe von G. Werthheim. Braunschweig 1877. pag. 241. Ich citire nach Tait, weil die Originalarbeit Thomson's mir nicht zugänglich gewesen ist.

vorhanden sind. Sobald der letzte von diesen leeren Plätzen besetzt wäre, würden wir einen vollkommen starren Körper vor uns haben, der nur dann noch weiter comprimierbar gedacht werden könnte, wenn die Materie zugleich als nicht undurchdringlich gedacht wird. Wer eine solche These ¹⁾ aufstellt, geht damit augenscheinlich gegen unsere ganze Physik an, darf sich aber vor allen Dingen nicht auf irgend welche Stoss- oder Druckeffecte berufen wollen. Wenn die Materie sich durchdringen kann, so hat sie keine Veranlassung mehr zu stossen und zu drücken.

Was oben von der Vibrationsbewegung gesagt ist, nämlich dass sie die continuirliche Raumerfüllung mit der Undurchdringlichkeit in einen unlösbaren Conflict bringt, gilt übrigens, wie man leicht findet, ganz allgemein von jeder ²⁾ Bewegung. Ueberhaupt stellt sich die Sache einfach derart, dass von den genannten drei Dingen immer nur zwei zugleich möglich sind.

Continuirlichkeit und Undurchdringlichkeit zugleich schliessen jede Beweglichkeit aus. Continuirlichkeit und Beweglichkeit schliessen die Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit schliessen die Continuirlichkeit aus. Liesse uns nun auch eine aprioristische Naturauffassung noch die Wahl zwischen diesen drei Combinationen frei, so weist die Empirie doch mit aller Entschiedenheit auf die dritte als diejenige hin, welche der Wirklichkeit allein entspricht. ³⁾ Ich kann nicht wohl annehmen, dass Tait in den beiden Vorlesungen, welche er der „Constitution der Materie“ widmet, diese Frage ganz unbesprochen gelassen haben würde, wenn er bei den oben citirten Worten an eine absolut continuirliche Raumerfüllung der Materie gedacht hätte.

Gehen wir nun zur näheren Betrachtung der Thomson'schen Theorie über. Tait sagt davon (a. a. O. pag. 244) „Wenn wir also W. Thomsons Voraussetzung adoptiren, dass der Weltraum mit Etwas erfüllt ist, was wir kein Recht haben, gewöhnliche Materie zu nennen, obschon es Trägheit besitzen muss, das jedoch eine vollkommene Flüssigkeit genannt werden kann, so werden alle Theile dieses Fluidums, denen eine Wirbelbewegung mitgetheilt ist, für immer mit dieser Wirbelbewegung behaftet bleiben; sie können dieselbe nicht aufgeben; die Bewegung wird als charakteristische Eigenschaft ihnen anhaften, wenigstens so lange, bis der Schöpfungsact, der dieselbe hervorgebracht hat, sie auch wieder vernichtet. Diese Eigenschaft der Rotation kann also die Grundlage alles dessen sein, was sich unsern Sinnen als Materie darstellt.

„Die Eigenschaften, welche ein solcher (beliebig gekrümmter, aber immer in sich selbst nothwendig recurrirender, geschlossener) Wirbelfaden besitzen muss, sind, wie Helmholtz zeigte, folgende: — Erstens ist jeder Theil des Kerns des Fadens seinem Wesen nach in Rotation begriffen. Zweitens zeigte Helmholtz, dass ein solcher Ring untheilbar sein muss, dass er

¹⁾ Leere Zwischenräume zwischen den Atomen schliesst Dellingshausen wohl am schärfsten aus durch die Gleichung (pag. 36) $v = n q^3 l^3$, wobei v das Volumen eines Körpers bezeichnet, n die Zahl seiner Cubikeinheiten, l die Länge einer stehenden Wärmewelle (Vibrationsatom) und q die Zahl solcher Atome, die sich auf der Längeneinheit aneinander reihen können.

²⁾ Will man ganz streng zu Werke gehen, so muss allerdings zugegeben werden, dass es eine bestimmte Art von Bewegungen gibt, die auch bei einer continuirlichen und zugleich undurchdringlichen Materie möglich wären. Beispiele derselben könnten etwa die Rotation eines Kreisels oder die Drehung eines Ringes um den Finger sein. Augenscheinlich würde aber bei allen derartigen Bewegungen von Druck, Stoss, Verdichtung, Spannung etc. gar keine Rede sein dürfen.

³⁾ Es wäre sehr interessant, diesen Dreikampf in dem Lichte der neuen, höchst geistreichen Theorie des „transcendenten Raumes“ zu betrachten, welche von Riemann, Helmholtz und Anderen entwickelt worden ist, und die auch bei Zöllner eine hervorragende Rolle spielt. Eine solche Betrachtung würde uns aber von dem Thema der vorliegenden Arbeit zu weit abführen.

nicht durchschnitten werden kann und in diesem Sinne ist er buchstäblich ein Atom, etwas Unzerschneidbares. Diese Eigenschaft der Wirbelatome setzt uns in Stand, sehr viele Eigenschaften der Materie zu erklären; leider hat sie eine Reihe mathematischer Schwierigkeiten verursacht, die unvergleichlich grösser sind als diejenigen, zu denen irgend eine der übrigen Vorstellungen über die Natur der Materie geführt hat

„Wenn Wirbelatome eine auch nur mässige Entfernung von einander haben, so werden sie im Allgemeinen in ihrem Verhalten zu einander nichts zeigen, was der Gravitation ähnlich wäre. Dieses Resultat können wir auf alle Fälle mittelst der neueren Vervollkommnungen der mathematischen Methoden beweisen. Wie soll nun die Gravitation nach dieser Theorie erklärt werden? Die Theorie der Wirbelatome muss auf der Stelle verworfen werden, wenn sich nachweisen lässt, dass sie unfähig ist, dieses grosse Naturgesetz zu erklären, welches aussagt, dass jedes Massentheilchen oder Atom im Universum jedes andere mit einer Kraft anzieht, die den Massen beider direct und dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional ist. Die einzig vernünftige Antwort auf obige Frage ist schon beim Beginn unseres Jahrhunderts von Lesage in Genf gegeben worden. Dieser zeigte, dass die Gravitation in allen Fällen durch die nicht unwahrscheinliche Voraussetzung erklärt werden kann, es gäbe ausser der unendlich grossen Anzahl grösserer Theilchen, welche die Atome der greifbaren oder fühlbaren Materie sind, eine noch unendlich grössere Anzahl kleinerer Theilchen, welche mit ungeheurer grossen Geschwindigkeiten nach allen Richtungen umherschiesse. Lesage zeigte, dass, wenn dies der Fall wäre, ihr Anprall gegen die grösseren Theilchen oder Atome der Materie bewirken würde, dass je zwei derselben sich ganz so verhielten, wie wenn sie einander mit einer dem Gravitationsgesetz genau entsprechenden Kraft anzögen. Wenn nämlich zwei solche Theilchen in einer gewissen Entfernung von einander sind, so beschirmt das eine das andere gewissermassen vor einem Theil des Hagels, der es sonst treffen würde. Wenn Sie ein einzelnes Theilchen allein hätten, so würde es von allen Seiten gleich stark beschossen werden; bringen Sie aber ein zweites Theilchen dazu, so wird es das erste in der Verbindungslinie beider in einem gewissen Grade beschützen, während das erste seinerseits auch das zweite beschützt, so dass im Ganzen jedes der beiden Theilchen auf der dem andern entgegengesetzten Seite mehr beschossen wird als auf der demselben zugewandten Seite. In Folge dieser ungleichmässigen Beschiessung werden sich daher die Theilchen zu nähern suchen müssen. Es ist nun sehr leicht, mathematisch zu zeigen, dass das Resultat dieser Einwirkungen einer Attraction äquivalent ist, deren Grösse dem Quadrat des Abstandes umgekehrt proportional ist, so dass also die Annahme von Lesage mit dem Gravitationsgesetz in völliger Uebereinstimmung steht. Man muss auch voraussetzen, dass die Theilchen der Materie eine durchbrochene Form haben, so dass ungeheuer viel mehr jener Geschosse durch sie hindurch gehen,¹⁾ als gegen sie anprallen; sonst würde die Wirkung der Gravitation zwischen zwei Körpern nicht dem Product ihrer Massen proportional sein.“

Wir sehen, welcher wesentliche Unterschied zwischen der Theorie von Dellingshausen und der von Thomson besteht. Während in jener die postulierte Vibrationsbewegung nicht nur die Atome constituirt, sondern sie auch grade so gegeneinander treibt, wie die Gravitation es verlangt,

¹⁾ Hier haben wir den Gedanken Dellingshausens „von der vollkommenen Durchsichtigkeit,“ nur in etwas andere Worte gekleidet, wieder vor uns.

benutzt Thomson die Wirbelbewegung nur zur Herstellung seiner Atome und stützt die Gravitation auf die Stosstheorie von Lesage. Es liegt nicht im Bereich vorliegender Arbeit, auf die Wirbelatome selbst näher einzugehen, und es genügt hervorzuheben, dass sie vollkommen elastisch gedacht werden müssen, dass aber zur Erklärung derselben ausser der Trägheit noch die Annahme einer Kraft erforderlich ist, welche die Partikelchen jedes Wirbelatoms in ihren krummlinigen Bahnen erhält. Im Phil. Mag. (5) III, 290—295 befindet sich eine Abhandlung über Wirbelringe von J. Towbridge, worüber in den Beiblättern zu Pog. Ann. Bd. I pag. 331 berichtet wird. Ich lese darin: „Befindet sich ein Tropfen auf der Oberfläche einer Flüssigkeit, in der er nicht diffundirt, so wirken auf seine Theilchen deren Anziehung, die Oberflächenspannung der Flüssigkeit, auf der er ruht, und die Schwerkraft.“

Von diesen drei Kräften würden nun wohl die beiden letzten für die Thomson'schen Wirbelatome nicht in Betracht kommen. Die erste aber, die Anziehung der Theilchen, ist eine Voraussetzung, an welcher Thomson, wie ich glaube, ebensowenig wie Towbridge vorbei kommen kann. Es muss doch irgend eine Ursache angegeben werden, welche die Theilchen verhindert, in der Tangente wegzufiegen! Die Trägheit allein würde dazu nur dann ausreichen, wenn wir etwa darunter das Vermögen eines Körpers verstehen wollten, nicht allein seine Geschwindigkeit sondern auch das Krümmungsmass seine Bewegung beizuhalten — und das hat bisheran doch noch Niemand gethan. ¹⁾ Ehe wir uns nun zu der Stosstheorie Lesage's wenden, muss ich noch auf einen Punkt aufmerksam machen, der mir bei Tait ungenügend entwickelt scheint. Helmholtz zeigte Folgendes: Erstens, wenn sich zwei Wirbelringe, deren Ebenen auf der Linie ihrer Bahn senkrecht stehen, in einer und derselben Geraden und auch nach derselben Richtung bewegen, „so contrahirt ²⁾ sich der hintere und dabei nimmt seine Geschwindigkeit zu, während der vordere sich ausdehnt und dabei an Geschwindigkeit verliert, so dass die beiden Ringe einander abwechselnd durchdringen. Wenn sich zweitens beide in entgegengesetzten Richtungen bewegen, so dehnen sich beide unendlich aus, und dabei nimmt ihre Geschwindigkeit fortwährend ab, so dass sie einander nie erreichen. . . . Dies ist auch . . . das Schicksal eines Wirbelringes, der in geradem Stoss gegen eine feste ebene Wand trifft.“ (Er erreicht sie also nie!)

Das sind denn doch Erscheinungen, welche von alledem, was wir sonst Stoss nennen, elastischen oder unelastischen, sehr wesentlich abweichen, und es muss auffallen, dass Tait auf solche Objecte, deren Verhalten allen Gesetzen des Stosses widerspricht, auf Körper, die sich überhaupt gar nicht „erreichen“, gar nicht berühren, dennoch ohne jede erläuternde Bemerkung die Stosstheorie von Lesage anwendbar findet. Sind ihm doch selbst die „kleineren Theilchen“, welche das Stossen besorgen, „natürlich kleinere Wirbel.“

Auf jeden Fall, mag nun in den Wirbelringen selbst, oder etwa in dem Strom, der durch ihr Centrum geht, das stossende Agens gefunden werden, immerhin liegt die Sache, wie mir scheint, keineswegs so einfach, dass man ohne Prüfung darüber hinweggehen könnte.

¹⁾ Der allgemeine Gedanke, dass ein bewegter träger Körper ohne Hinzutreten irgend einer Kraft dennoch eine krummlinige Bahn beschreiben könne, ist übrigens nicht neu. Wer nämlich annimmt, unser Raum sei kein „ebener“, sondern ein „sphärischer“, habe also ein constantes positives Krümmungsmass, der wird von selbst zu der Consequenz genöthigt, dass ein bewegter Körper, welcher blos seinem Beharrungsvermögen folgt, eine krummlinige Bahn beschreiben müsse, und sogar an seinen ursprünglichen Ort wieder zurückgelangen könne. Ich brauche wohl kaum darauf aufmerksam zu machen, dass eine solche Krummlinigkeit von der oben im Text erwähnten wesentlich verschieden ist.

²⁾ Tait pag. 243.

Was nun die Stosstheorie selbst betrifft so habe ich über die Form, die Lesage ihr gegeben, leider nicht viel erfahren können. Bei Ueberweg¹⁾ finde ich Folgendes: „Lesage (in Genf geb. 1724 und ebenda gestorben 1803) nahm, zum Theil nach dem Vorgange von Zeitgenossen Newton's an (in einer Abh. im Journal des sav. April 1764, und in anderen Schriften), dass äusserst kleine Körperchen sich durch den ganzen Raum hin in allen Richtungen mit sehr grossen Geschwindigkeiten bewegen und dass der Stoss, den diese Körperchen üben, die Erscheinungen bewirke, welche der Schwerkraft zugeschrieben zu werden pflegen; er nennt den Complex dieser Körperchen „le fluide gravifique.“ Ein ruhender Körper wird nach allen Seiten hin gleichmässig gestossen; ein bewegter, in der Richtung der Bewegung weniger als in anderen Richtungen;²⁾ doch ist die Bewegung jener Körperchen so rasch, dass dagegen jede andere fast verschwindend gering erscheint; zwei Körper dienen sich gegenseitig als Schirm gegen jene Körperchen, und zwar nahezu nach dem Verhältniss der Massen und mit geometrischer Nothwendigkeit im umgekehrten Verhältniss zu dem Quadrat der Entfernungen, woraus das Newton'sche Gesetz resultirt.“ Ueberweg citirt noch: „Schwab, Prüfung der Kantischen Begriffe von der Undurchdringlichkeit, der Anziehung und der Zurückstossung der Körper, nebst einer Darstellung der Hypothese des Lesage über die mechanische Ursache der allgemeinen Gravitation 1807.“ Meine Bemühungen dieses Buch aufzutreiben, haben keinen Erfolg gehabt. Auch Lange erwähnt den Lesage mehrmals, gibt aber keine Darlegung seiner Theorie. Am wichtigsten wäre es, zu wissen, ob er sich die Partikel seines „fluide gravifique“ elastisch denkt oder nicht.

Ueberweg weist auf Vorgänger des Lesage unter den Zeitgenossen Newton's hin. Newton selbst gehört; wie wir wissen, zu diesen Vorgängern. Er sagt z. B., dass er die Centripetalkräfte als Anziehungen behandle, „obgleich sie vielleicht, wenn wir uns der Sprache der Physik bedienen wollen, richtiger Anstösse (impulsus) genannt werden müssten.“³⁾ Der bekannteste Versuch, die Schwere aus dem Stoss ätherischer Körper abzuleiten, ist der von Descartes.⁴⁾ Es würde zu weit führen, wenn wir ihn analysiren wollten. Auch Huyghens, Leibnitz, Johann Bernoulli und Andere, die durch Descartes' Schule gegangen, waren Gegner der Attraction als Grundkraft aller Materie und speculirten über Mittel, die Schwere auf Stösse zurückzuführen.⁵⁾ Huyghens erklärte gradezu, dass in der wahren Philosophie die Ursachen aller natürlichen Wirkungen „per rationes mechanicas“ erklärt werden müssten. Die jetzt geläufige Auffassung der Newton'schen Gravitationstheorie hielten diese Männer alle — Newton selbst nicht ausgeschlossen — einfach für absurd.⁶⁾

1) Grundr. III, 178.

2) Lesage wird, denke ich, gesagt haben: auf seiner Rückseite weniger, auf der Vorderseite aber mehr.

3) Phil. nat. princ. math. I, 11. zu Anfang; vgl. Lange I, 264.

4) Principien IV. In der Uebersetzung v. Kirchmann's pag. 183.

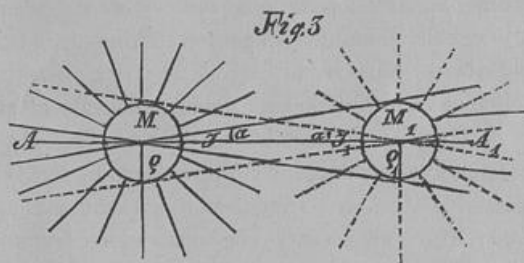
5) cf. Lange I pag. 264.

6) Zum Beweise dessen möge hier noch ein sehr bezeichnender Satz aus dem dritten Briefe Newton's an Bentley Platz finden. „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.“ Was würde wohl Newton von der „faculty of thinking“ unseres Jahrhunderts sagen, das sich auf jener „grossen Absurdität“ ganz harmlos und unbesorgt schlafen gelegt hat?

VII.

Ob Schramm, zu dessen Theorie wir nunmehr kommen, von Lesage oder Schwab etwas gewusst hat, ist aus seinen Schriften nicht zu ersehen. Es scheint nicht der Fall zu sein, denn gleich auf der ersten Seite seines Buches¹⁾ sagt er: „... diese Erwägungen gaben bereits Veranlassung zu einzelnen Versuchen, um an die Stelle der kosmischen Anziehung eine andere erklärende Ursache zu setzen, (man sehe z. B. C. Puschl, das Strahlungsvermögen der Atome, Wien 1869) doch gründen sich auch diese Hypothesen auf gewisse unerwiesene Eigenschaften der Atome. (Strahlungsvermögen, Anziehungs- und Abstossungskräfte etc.)“ Nun stimmt aber, wie wir sehen werden, seine eigene Anschauung mit dem, was wir oben über die Theorie des Lesage hörten, so merkwürdig überein, dass Schramm, wenn er Lesage gekannt hätte, ihn gewiss nicht mit den andern Hypothesenschmiedern auf denselben Haufen würde geworfen haben. Zunächst haben wir bei Schramm die kleinen Körperchen (Atome), welche mit fabelhafter Geschwindigkeit den Weltraum durchkreuzen und „vollkommen elastisch“ sind.²⁾

„Nun denke man sich (p. 18) zwischen diesen Atomen zunächst nur zwei grössere Moleküle M und M_1 (Fig. 3). Dieselben werden von allen Seiten des Raumes Atomstösse empfangen, mit Ausnahme an jenen Seiten J und J_1 , welche einander zugekehrt sind; denn die in der Richtung $A A_1$ und umgekehrt, innerhalb eines Winkelraums vom Winkelradius α ziehenden Atome prallen an den Aussenflächen der Moleküle ab, werden in den übrigen Weltraum reflectirt und können somit die inneren Seiten nicht treffen. Dadurch kann der Oberflächentheil J (und J_1) innerhalb des Winkelraumes α nur jene Atome empfangen, welche an der ihm zugekehrten Oberfläche J_1 (resp. J) reflectirt worden sind; nachdem aber jede Reflexion eines Atoms eine gewisse, wenn auch sehr kleine Zeit τ in Anspruch nimmt, während welcher das Atom seine Geschwindigkeit nach einer Richtung einbüsst, nach einer anderen Richtung wiedererlangen muss, so gelangen die reflectirten



¹⁾ H. Schramm „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen“ 2 Abth. Wien 1872. Wie mir Prof. Spiller mittheilt, hat er auch ein Schulprogramm über diesen Gegenstand geschrieben. Die Arbeit Schramm's scheint nicht viel mehr bekannt geworden zu sein, als die des Barons von Dellingshausen. Ich selbst wurde durch den Astronomen Falb auf ihn aufmerksam gemacht und theilte das brieflich Herrn Prof. Spiller mit, der ihn vorher auch nicht gekannt hatte. Nur bei Lange, dem gründlichen und überall bewanderten Forscher, fand ich ihn später pag. 289 citirt. Von Dellingshausen scheint aber auch Lange nichts gewusst zu haben.

²⁾ Cf. pag. 14. Auch alle Moleküle sind vollkommen elastisch und zwar am bequemsten als kleine Bläschen (Hohlkugeln) zu denken. Zu letzterer Annahme wird Schramm durch den Umstand veranlasst, dass $\frac{q^2}{M}$, das Verhältniss der Oberfläche zu der Masse, bei allen Molekülen constant sein muss. Sonst stimmt seine Theorie nicht überein mit der Beobachtung, dass die Beschleunigung für alle Körper, mögen sie grössere oder geringere Dichte besitzen, dieselbe ist. (Vergl. pag. 22).

Atome, von welchen durchschnittlich in der Zeit t je eines einen bestimmten Punkt der Oberfläche J getroffen hätte, erst nach der Zeit $t + \tau$ zum Stoss.

Während also die Aussenseite A der Molekular-Oberfläche m' Atome treffen, stossen gegen die Seite J nur $m' \frac{t}{t + \tau}$ Atome, so dass sich an der Aussenseite A ein Ueberschuss von $m' \frac{t}{t + \tau} = m'k$ zeigt, dessen Stosskraft das Molekül M dem Molekül M_1 zu nähern strebt.“

Dieses „Während“ muss ich angreifen. Schramm schiebt Alles auf die Verzögerung der Ankunft, welche durch die Reflexion an den Innenseiten entsteht. Eine Verzögerung der Ankunft jedes einzelnen Atoms ist aber noch keineswegs eine Verringerung der Zahl der ankommenden. Nur im allerersten Augenblick, wo der Aetheratomhagel überhaupt seinen Anfang nähme, oder auch, wenn irgendwo ein Molekül plötzlich aus dem Nichts entstände, dann würde sich momentan ein solcher Ueberschuss bemerkbar machen. Sobald aber nur das erste reflectirte Atom an der Innenseite I angelangt ist, folgen die andern, verzögerten genau mit derselben Häufigkeit nach, mit der auch auf der Aussenseite die Kugeln aufschlagen.

Kämen etwa in jener ersten Secunde auf der Aussenseite 10 Millionen Atome an, auf der Innenseite nur 9 Millionen reflectirte, weil die letzte Million in Folge der Verzögerung noch unterwegs ist, so würden in der zweiten Secunde aussen wieder 10, innen aber auch 10 Millionen ankommen, nämlich die eine bei der ersten Secunde zurückgebliebene Million und wieder 9 während der zweiten Secunde reflectirte Millionen. Und so müsste das von nun an weiter gehen. Ein Ueberschuss auf Grund der Verzögerung kann nicht mehr eintreten; also haben wir in ihm auch nicht die Quelle einer dauernden Beschleunigung.

Nun liegt es nahe zu denken, die „Verzögerung“ der Atome sei etwa als eine durch die Reflexion entstandene Verminderung der Geschwindigkeit aufzufassen; in Folge dessen besäßen die an den Innenseiten ankommenden Atome eine geringere Energie als die äussere. In diesem Falle hätten wir allerdings einen Grund der Annäherung beider Moleküle, und zwar einen dauernden. Aber das ist keineswegs die Meinung Schramms. Später (II Abth. pag. 88) wird einem solchem Missverständniss ausdrücklich vorgebeugt mit den Worten: „Die hier beschriebene Bewegungsverzögerung hat man sich übrigens nicht etwa als eine Abnahme der Atomgeschwindigkeit, sondern als ein Zurückbleiben der Atome während ihrer Reflexion vorzustellen.“

Derselbe Gedankengang, wie auf Seite 14, findet sich auf Seite 86 noch einmal, und am Schluss desselben heisst es: „Der Sitz dieser Bewegungsverzögerung, welche die Ursache der Schwere wird, ist also an der Oberfläche des Moleküls zu suchen, während die Wirkung derselben an einem andern nahestehenden Molekül bemerkbar wird. Daher kommt es, dass das Molekül M ein anderes M, gleichsam anzieht.“

Nun ist zunächst die Frage wichtig, wie auf Grund dieses Principis die Massen in Rechnung gebracht werden. Da finden wir denn pag. 22, dass Schramm damit nur zurecht kommen kann durch die Annahme, „die Theilchen beider betrachteten Körper ständen verhältnissmässig sehr weit auseinander, so dass der Schluss: es müssen n Theilchen auch die n fache Wirkung ausüben, gestattet werden kann.“ Wir sehen also hier zum dritten Male die Dellingshausen'sche „Durchsichtigkeit“ der Körper für den Aether als eine unentbehrliche Hypothese auftreten.

Bezüglich der Entfernung beruft Schramm sich pag. 87 auf Schall und Lichtwellen. „Jede Bewegungsveränderung in einem Gase wird von diesem in wellenförmiger Bewegung fortge-

pflanzt. Wir sehen dieses am Schalle, der sich in der Luft, und am Lichte, welches sich im Weltgase (Aether) in wellenförmigen Schwingungen ausbreitet. Diese Fortpflanzung geschieht derart, dass die Intensität der Bewegungsänderung mit dem Quadrate der Entfernung vom Entstehungsorte abnimmt, während die Qualität derselben überall gleichbleibt. Es kann also auch die an einem Orte entstandene Bewegungsverzögerung der Atome sich nur in gleicher Weise ausbreiten: ihre Intensität muss mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen, während die Qualität ihrer Wirkung überall dieselbe bleibt.“

Ist einmal das Fundament eines Gebäudes als unhaltbar erkannt, dann hat es wenig Interesse mehr, auch noch zu untersuchen, ob dasselbe in seinen einzelnen Theilen gut ineinander gefügt ist. Wir könnten sonst hier näher auf die Sache eingehen und die mangelhafte Analogie hervorheben, die zwischen den Oscillationsbewegungen bei Schall und Licht und zwischen dem, was Schramm Bewegungsverzögerung nennt, augenscheinlich sich befindet. Jede Welle besteht aus Berg und Thal, aus Verdünnung und Verdichtung, welche regelmässig aufeinander folgen. Nun aber hat Schramm es nur mit einer Bewegungsverzögerung und in Folge dessen seiner Meinung nach mit einer Verdünnung („so dass die Spannkraft des Weltgases zwischen den Molekülen kleiner wird als ausserhalb derselben“ pag. 87) zu thun. Er muss die Abwechslung derselben mit Verdichtungen entschieden verwerfen, weil ja sonst auch die Spannkraft wieder grösser werden und die Wirkung der vorherigen Verdünnung paralsiren würde. Ein solcher Zustand ist aber wesentlich verschieden von dem, was die Physik mit dem Namen „Welle“ zu bezeichnen gewohnt ist. Dellingshausen würde ein Recht haben, sich auf die Gesetze der Wellenfortpflanzung zu berufen, weil er sich von vorn herein die Ursache der Gravitation als eine wellenförmige Bewegung denkt.

Auf eine merkwürdige Selbsttäuschung, der Schramm sich hingibt, glaube ich aber auch mit Nachdruck aufmerksam machen zu müssen. Am Anfang seiner Schrift stellt er als Haupttendenz in den Vordergrund, dass er die Physik von dem Ueberfluss der postulirten Kräfte und Bewegungsarten reinigen möchte. „Es kann, sagt er pag. 12, für die Wissenschaft ziemlich gleichgültig sein, ob die letzte Ursache, auf welche man Alles zurückführt, eine Kraft oder eine Bewegung ist, wenn es nur nicht vier Kräfte und fünf Bewegungen sein müssen, wie man es heutzutage noch zur Erklärung der Naturerscheinungen nöthig hat. (Kräfte: 1. Schwerkraft, 2. Magnetismus, 3. Spannungselectricität, 4. Cohäsion. Bewegungen: 1. Massenbewegung, 2. Wärme, 3. Licht, 4. strömende Electricität, 5. Chemische Bewegung, Affinität. Nach Friedrich Mohr, Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft, Braunschweig 1869).“

„Die mechanische Wärmetheorie, welche mit Recht als eine der grössten Errungenschaften der neueren Zeit angesehen wird, basirt nur auf dem Zustande der Bewegung, und Clausius selbst betitelt seine Abhandlung XIV: „Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen.“ Ich glaube demnach nicht fehl zu gehen, wenn ich auf dem bereits eingeschlagenen Wege fortschreitend, es versuche, auch alle übrigen Naturerscheinungen auf die Bewegung als letzte Ursache zurückzuführen.“ Wiederholt wird betont, dass alle Hypothesen, jede willkürliche Annahme ausgeschlossen werden, dass das Grundprincip der Bewegung die letzte und einzige Basis sei, auf welcher das ganze Lehrgebäude errichtet werden solle. Wie verhält es sich nun aber mit der postulirten vollkommenen Elasticität der Atome? — Wenn ein Atom durch irgend einen Stoss eine Deformation erlitt, so hat es das Bestreben, seine Urgestalt wieder herzustellen. Woher rührt dieses Streben?

Ist es nicht etwa doch eine dem Atom inwohnende Kraft, die hier im Spiele und unbemerkt mit eingeschlüpft ist? — Ich erinnere mich einer Stelle bei Lange, wo derselbe eine Aeussertung Moleschott's bespricht, welche die Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Kalium betrifft. Er sagt da: „Hier finden wir Moleschott tief in der Scholastik. Seine Verwandtschaft ist die schönste *qualitas occulta*, die man verlangen kann. Sie sitzt im Sauerstoff, wie ein Mensch mit Händen. Kommt Kalium in die Nähe, so wird es gepackt; kommt keines, so sind doch wenigstens die Hände da und der Wunsch Kalium abzufassen.“

Die Elasticität eines Atoms (wohlbemerkt nicht die eines zusammengesetzten Körpers) ist eine ebenso schöne „*qualitas occulta*,“ als die chemische Affinität. Sie sitzt in dem Atom und wartet. Kommt ein Stoss vor, dann ist sie sofort bereit, die entstandene Deformation auszubessern. Die zu sehr hereingedrückten Partikelchen werden wieder nach aussen geschoben, die zu weit weggeführten wieder herangeholt. Nach geschehener Arbeit bleibt dann die *vis occulta* wieder ruhig und wartet auf eine neue Veranlassung zu neuer Thätigkeit. — Ueberall da, wo die Physik als Ursache irgend einer Bewegung nicht eine andere Bewegung, sondern eine Kraft hinstellt, documentirt sie dadurch ihre Incompetenz zur Erklärung des Phänomens und macht eine Anleihe bei der Metaphysik. So oft sie auf den Begriff der Kraft recurriren muss, befindet sie sich einer von den drei „Grenzen des Naturerkennens“ gegenüber, welche Prof. Du Bois-Reymond in dem früher erwähnten Vortrage so scharf markirt hat. Wie die Elasticität, die Affinität, die Massenanziehung, die elektrische Anziehung und Abstossung etc. wirken, das weiss uns die Naturwissenschaft mehr oder weniger genau zu sagen; aber was sie sind, darüber ist sie „hoffnungslos unwissend.“

Angesichts dieser Erkenntniss ist es nun in der That ein ausserordentlich verlockendes Unternehmen, die Kräfte aus der Physik ganz zu verbannen und als das Ideal der letzteren, wie Schramm es thut, eine Methode hinzustellen, durch welche alle Bewegungserscheinungen auf eine einzige Urbewegung zurückgeführt würden. Will Schramm aber die Application von Kräften ausschliessen, so muss er unweigerlich auch die Elasticität der Atome verschmähen.

Wir sind hier auf eine Frage geführt worden, welche von Philosophen und Physikern schon mehrfach behandelt worden ist. Bei der Gelegenheit, wo Lange die kinetische Gastheorie von Clausius in den Bereich seiner Betrachtung zieht, sagt er (II, 201 u. ff.): „Anscheinend ist hierdurch die seit Newton aus der Mechanik entschwundene Anschaulichkeit wieder hergestellt, und man könnte immerhin, wenn damit viel gewonnen wäre, die kühne Hoffnung hegen, dass auch die jetzt noch von der Theorie beibehaltenen Fernwirkungen der Kräfte früher oder später verschwinden und in ähnlicher Weise auf den sinnlich anschaulichen Stoss zurückgeführt werden möchten, wie dies mit der Wärmewirkung geschehen ist. Aber freilich, nur der elastische Stoss kann den Anforderungen der Physik genügen, und mit diesem hat es seine eigene Bewandniss. Gegenwärtig wissen wir, dass keine Elasticität denkbar ist ohne Verschiebung der relativen Lage der Theilchen. Daraus folgt aber unweigerlich, dass jeder elastische Körper nicht nur veränderlich ist, sondern auch aus discreten Theilchen besteht. . . . Genau dieselben Gründe, welche von Anfang an dazu geführt haben, die Körper in Atome aufzulösen, müssen auch bewirken, dass die Atome, wenn sie elastisch sind, selbst wieder aus discreten Theilchen, also aus Unteratomen bestehen. Und diese Unteratome? — Entweder lösen sie sich in blosse Kraftcentra auf oder, wenn bei ihnen abermals der elastische Stoss irgend eine Rolle spielen sollte, so müssen sie abermals aus Unteratomen bestehen und wir hätten

wieder jenen ins Unendliche verlaufenden Process, bei dem sich der Verstand ebensowenig beruhigen kann, als er ihm auszuweichen vermag.“

Gelegentlich berührt auch Du Bois-Reymond in seiner Leipziger Rede den vorliegenden Punkt mit einigen wenigen Worten, die ihm später einen energischen, meiner Meinung nach aber ungerechtfertigten Angriff zuzogen.

„Hören wir nun, ¹⁾ sagt er, (beim Zergliedern der Materie) irgendwo willkürlich mit der Theilung bei vermeintlichen philosophischen Atomen auf, die nicht weiter theilbar, vollkommen hart und überdies an sich wirkungslos und nur Träger der Centralkräfte sein sollen, so verlangen wir von einer Materie, die wir uns unter dem Bilde der Materie denken, mit der wir Umgang haben, ohne dass wir irgend ein neues Erklärungsprincip einführen, dass sie neue, ursprüngliche, das Wesen der Körper aufklärende Eigenschaften entfalte.“

Spiller findet die Forderung, dass die Atome als „vollkommen harte“ Körperchen gedacht werden sollen, unbegründet. Er meint dieselben brauchten ja nur „für einander undurchdringlich“ zu sein, dazu sei aber die vollkommene Härte gar nicht nothwendig; ein Luftbläschen im Wasser sei auch für letzteres undurchdringlich, ohne darum „hart“ zu sein. Diesen Einwand halte ich für gänzlich verfehlt. Spillers (und Schramms) Aetheratome sind elastisch, also deformirbar und zur eigenmächtigen Reparatur jeder Deformation ohne Aufhören jederzeit befähigt. Es entgeht Beiden, dass sie damit den Begriff des Atoms, wie Du Bois-Reymond ihn zu Grunde legt, ganz wesentlich alteriren, dass sie sich eigentlich einer *contradictio in adjecto* schuldig machen. Wenn man von Atomen reden will, so muss man doch augenscheinlich, auch in Gedanken, „mit der Theilung aufhören.“ Wer aber nicht vollkommen harte, also weiche, biegsame, elastische Atome annimmt, der spricht damit von etwas Untheilbarem (*ἄτομος*) was er trotzdem noch ruhig weiter in Theile zerlegt, in Theile, die auf's mannigfaltigste gruppirt, dem Ganzen bald eine kugelige, bald eine beliebige andere Gestalt gewähren. Es scheint mir unmöglich, hier an der Argumentation Lange's vorbeizukommen. Entweder muss Einer das, was er mit dem Namen Atom belegt, als einen dimensionslosen Punkt behandeln, und dann kann von Elasticität (Formveränderung eines math. Punktes!) ebensowenig wie von einer Oberfläche, einem Radius, einem „Stossschatten“ etc. die Rede sein — oder er muss es sich ausgedehnt, aber dabei vollkommen starr, unbesiegbar hart, durchaus unbiegsam und unelastisch vorstellen, weil sonst das Atom aus discreten Theilchen bestände, die verschoben werden und sich dann *proprio motu* wieder zurecht schieben könnten. — Eine ganz andere, wesentlich davon verschiedene Frage ist aber die, ob man sich das Atom auch noch, wie Du Bois-Reymond will, „als Träger der Centralkräfte“ zu denken habe. Das liegt nicht wesentlich im Begriff desselben. Thut man es, so hat man damit ein transcendentes Princip in die Naturerklärung mit aufgenommen und darf sich natürlich nachher nicht darüber verwundern wollen, dass man da eine „Grenze des Naturerkennens“ vor sich hat, vor der schon „die alten ionischen Physiologen nicht rathloser standen, als wir.“

Das einzige Rettungsmittel scheint mir demnach darin zu liegen, dass man's eben nicht thut, dass man die Atome nicht zu „Trägern centraler Kräfte“ macht und wenigstens den Versuch ²⁾ wagt, ohne Benutzung centraler Kräfte zum Ziele zu kommen.

¹⁾ Grenzen des Naturerkennens 4. Aufl. pag. 15.

²⁾ Ob ein solcher Versuch Aussichten des Gelingens bietet, soll später an einem andern Orte untersucht werden.

Vergegenwärtigen wir uns jetzt, am Schlusse unserer kritischen Betrachtung der bisherigen Lösungsversuche für das Räthsel der Gravitation, wieder diejenigen Gedanken, denen wir am Eingange derselben begegneten, so zeigt sich, dass augenscheinlich Ende und Anfang einander die Hand reichen, dass der Weg, den der menschliche Geist bei Erforschung dieses Geheimnisses während eines Jahrhunderts zurückgelegt hat, gewissermassen eine Kreisbahn, eine recurrente Curve war, die einen wesentlichen Fortschritt nicht in sich schliesst.

Äusserlich gruppiren sich die Lösungsmethoden in zwei Klassen, die man als eine transcendente und eine formell mechanische einander gegenüber stellen könnte. Principiell transcendent ist die bis jetzt geläufige Vorstellung von der Gravitation als einer actio in distans, transcendent ist die eigentlich Newton'sche Anschauung von einer immateriellen Vermittelung, transcendent ist die Zöllner'sche Theorie von der Sensitivität und dem Willen der Atome.

Die formell mechanischen Methoden theilen sich wieder nach zwei Gesichtspunkten, je nachdem man die Phänomene auf Druck oder Stoss zurückführt. Spiller ist der Repräsentant der Drucktheorie, die Uebrigen nehmen Stösse an. Bei Baron Dellingshausen finden wir Vibrationsbewegungen, also Doppelstösse, Hin- und Hertrieb. Lesage, Schramm und Thomson benutzen nur den einfachen Stoss; aber Alles, was bei diesen Theorien drückt oder stösst, ist elastisch.

Ich habe mich nun bestrebt, die formalen Fehler, welche ich in den einzelnen mechanischen Theorien zu finden glaubte, möglichst deutlich hervorzuheben, zu zeigen, dass aus den Voraussetzungen, welche jeder Einzelne macht, die gezogenen Consequenzen sich in der That nicht ziehen lassen. Bei der Thomson'schen Ansicht habe ich besonders auf die Lücke hingewiesen, welche in dem Umstand zu Tage tritt, dass die Stossgesetze ohne Weiteres auf solche Dinge angewandt werden, die sich nach den Helmholtz'schen Entwicklungen niemals berühren, die sich „gar nicht erreichen“ können.¹⁾

Nun ist aber bei all diesen scheinbar „mechanischen“ Erklärungen ein deus ex machina im Spiele, eine Kraft, die nicht nur etwa als primus motor, sondern als ein unaufhörlich, in jedem Augenblick nothwendiger Regenerator zu Hülfe gerufen wird. Ob dieser deus, das bei der Gravitation fortdauernd thätige Agens nämlich, sich durch den ganzen Raum ausbreitet und spiritus quidam subtilissimus genannt wird, ob es in den Atomen selbst seinen Wohnsitz hat und Psyche heisst, oder ob es gar — gegen alle Logik — zwischen den verschiebbaren Partikeln der Atome seinen geheimnissvollen Spuk treibt und elastische Kraft genannt wird, das ist im Grunde gleichgültig. Die Wurzel [des Ganzen, die letzte Ursache der Erscheinungen ist überall eine transcendente.

Der Unterschied ist nur ein äusserlicher, ein formeller, etwa in der Art, wie sich Harfenspiel und Klavierspiel unterscheidet.

Der Harfenspieler greift unmittelbar in die Saiten und setzt sie in tönende Bewegungen; der Klavierspieler benutzt dazu die Mechanik des Instruments. Newton und Zöllner lassen ihr transcendentes Agens Harfe spielen, lassen es direct in den Tanz der Atome eingreifen. Alle

¹⁾ Ich erwähne hier nochmals, dass an dieser „Lücke“ vielleicht nur die Darstellung des Herrn Tait die Schuld trägt, füge aber hinzu, dass ich mir in der That nicht vorstellen kann, wie Thomson selbst diesen klaffenden Spalt, der in einem Stoss ohne Contact zu Tage tritt, überbrückt haben sollte.

Anderen benutzen eine mehr oder minder complicirte Mechanik dazu, die sie vor unsern Augen sorgfältig zergliedern; aber den eigentlichen Spieler lassen sie dennoch in's tiefste Dunkel gehüllt. Sie behaupten nur, er sässe in den Atomen verborgen und geben ihm den Namen „Elasticität“ — einen Namen, der sehr harmlos klingt, der die Sache leicht acceptabel erscheinen lässt, weil er an eine Klasse von Phänomenen sich anlehnt, die Jedem durch Anschauung genügend bekannt sind. Aber die Frucht eines Baumes ist etwas Anderes als seine Wurzel, ein Naturphänomen ist etwas Anderes als seine elementare Ursache; und es ist ein sehr bedenkliches Spiel mit Worten, wenn man beiden Dingen einen und denselben Namen gibt.

Der eigentliche Kern des Newton'schen Räthsels ist also die Blosslegung jener Wurzeln, aus denen die Gravitation — ja in letzter Instanz der ganze astreiche Baum der physikalischen Phänomene emporsprosst. Ob die Lösung desselben je gelingen wird, ob wir dazu kommen werden, die Nacht der Metaphysik, welche diesen Grund bedeckt, zu vercheuchen und jede einzelne Faser an's Licht zu ziehen — wer kann es sagen? Immerhin meine ich aber, sei es ein ebenso wichtiges, als interessantes Unternehmen, hier den Spaten anzusetzen und nach Kräften zu graben. Zugleich, glaube ich, würde damit einer Pflicht Genüge geschehen, die Prof. Balfour Stewart durch folgende verheissungsvolle, fast prophetisch klingende Worte kennzeichnet, die er vor nicht langer Zeit in der „Britischen Gesellschaft“ sprach: „Es kann nicht bezweifelt werden, dass sich eine gewaltige Generalisation vorbereitet, ein mächtiges Gesetz, von dem wir heute noch nicht wissen, wie und wann es uns erreichen wird. Es wird uns Thatsachen erklären, die wir für unerklärlich und darum kaum für Thatsachen halten, weil sie unserer gegenwärtigen Kenntniss von ihren Ursachen zu widersprechen scheinen. Es steht bis zu einem gewissen Grade in unserer Macht, und es ist daher unsere Pflicht, die grosse Entwicklung zu beschleunigen.“

Vorstehende Abhandlung bildet den ersten (den kritischen) Theil einer grösseren Arbeit über das Gravitationsproblem, welche den einem Schulprogramme zugemessenen Raum zu sehr überschreitet, um an dieser Stelle ganz veröffentlicht zu werden. Der zweite, vorwiegend mathematische Theil enthält den auch in diesem Abschnitt schon mehrfach angedeuteten Versuch, das behandelte Problem ohne Benutzung irgend welcher centraler Kräfte auf rein kinetischer Grundlage zu lösen. Das Ganze wird übrigens — hoffentlich schon in nächster Zeit — durch den Buchhandel dem Publikum zugänglich sein.

Dr. C. Isenkrahe.

UNIVERSITÄTS- UND
LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF

