

www.e-rara.ch

Die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen und deren Wirkungsgesetze

Mewes, Rudolf

Berlin, 1896

ETH-Bibliothek Zürich

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-105472>

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

C. F. Friedlaender

n. 45-53

Langen, die Meteorologie der Planeten
DIE
FORTPFLANZUNGS-GESCHWINDIGKEIT *hastig*

DER

SCHWERKRAFTSTRAHLEN

UND DEREN

WIRKUNGSGESETZE

VON

RUDOLF MEWES

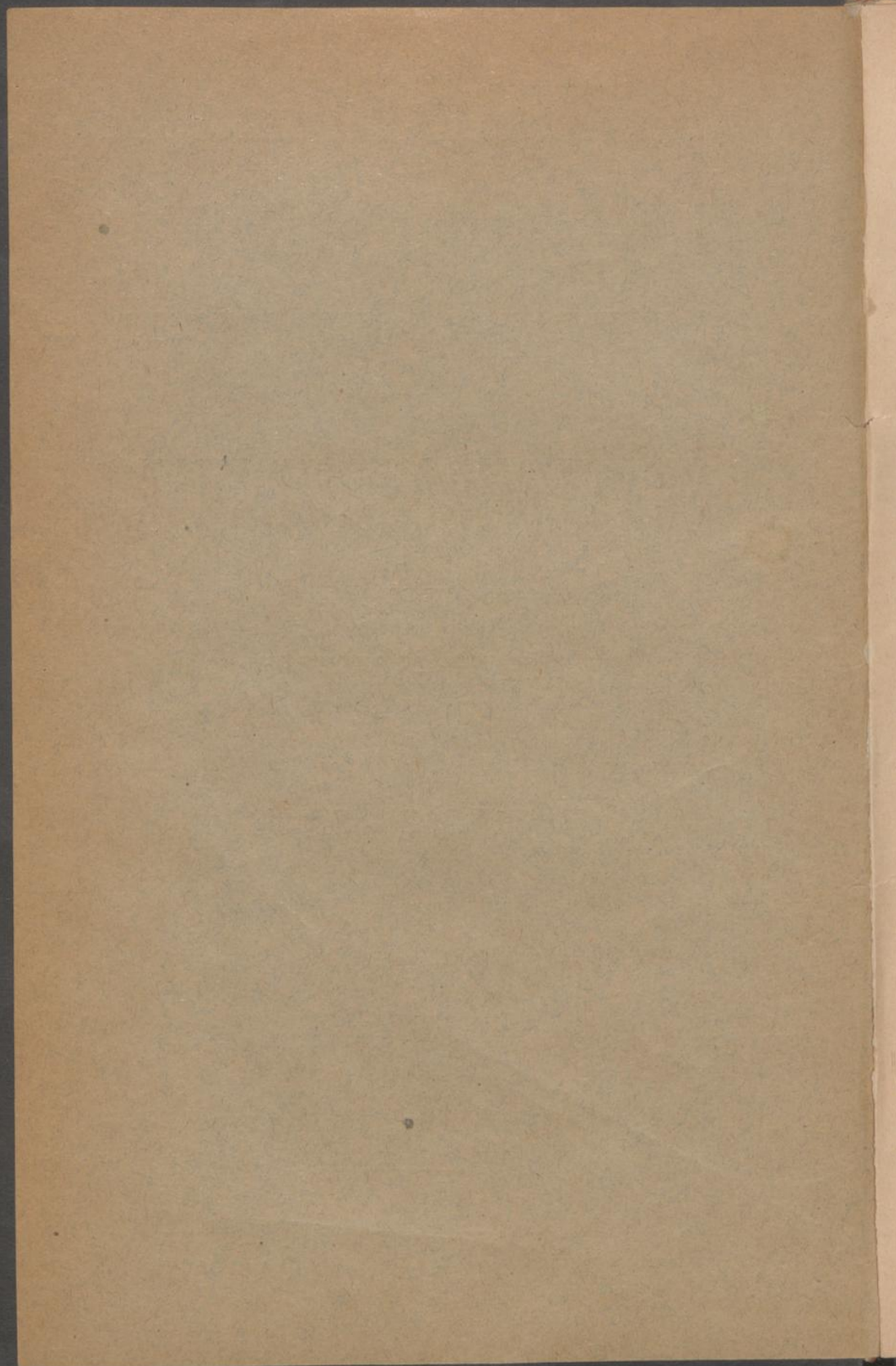
INGENIEUR UND PHYSIKER.



BERLIN 1896.

FISCHERS TECHNOLOGISCHER VERLAG M. KRAYN

W., KOETHENERSTR. 46.



DIE
FORTPFLANZUNGS-GESCHWINDIGKEIT
DER
SCHWERKRAFTSTRAHLEN
UND DEREN
WIRKUNGSGESETZE

VON
RUDOLF MEWES
INGENIEUR UND PHYSIKER.

BERLIN 1896.

FISCHER'S TECHNOLOGISCHER VERLAG **M. KRAYN**
W., KOETHENERSTR. 46.

Alle Rechte vorbehalten.

Vorrede.

Die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der allgemeinen Massenanziehung bildet eines der schwierigsten Probleme der exakten Naturforschung und ist seit den Zeiten Keplers und Huyghens' von den bedeutendsten Physikern vergeblich versucht worden. Die Möglichkeit, diese Aufgabe experimentell lösen zu können, danken wir dem erfinderischen Kopfe Lorenz Henglers, der im Jahre 1832 das Horizontalpendel und dadurch das zur Entscheidung jener Frage geeignete Messinstrument erfand; indessen weder ihm noch Zöllner, noch auch von Rebeur-Paschwitz gelang es, aus ihren Beobachtungen die Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen zu ermitteln, da sie infolge der alten Anschauung über die zeitlich und räumlich unvermittelte Fernwirkung der Gravitation der letzteren eine Geschwindigkeit von viel höherer Ordnung als die Lichtgeschwindigkeit beigelegt haben. Mir ist es, wie der Leser aus den nachfolgenden Darlegungen ersehen wird, gelungen, nicht nur aus den Beobachtungen v. Rebeur-Paschwitz', sondern auch noch nach einer anderen und bequemeren Methode die Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen zu ermitteln.

Der Verfasser.

Kurzer geschichtlicher Überblick.

Bevor ich auf die beiden Arten, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen durch die Beobachtung zu bestimmen, übergehe, möchte ich zur Einführung und Aufklärung des Lesers einen kurzen Überblick über die früheren Vorversuche in dieser Hinsicht und besonders über den von Zenger und mir bei der Behandlung des Gravitationsproblemcs eingeschlagenen Gang bringen.

Wie bei den meisten wichtigen Fragen der Astronomie in erster Linie auf die Ansätze und Versuche Keplers zurückgegangen werden muss, so findet man auch bei der Behandlung der Frage nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen, bezüglich bei der Betrachtung des eigentlichen Wesens der Schwerkraft in Keplers Schriften die ersten Keime, ja sogar im Hinblick auf die im letzten Abschnitt folgenden Wirkungsgesetze der Schwerkraftstrahlen auch heute noch vollkommen zutreffende Anschauungen. Die Ursache hiervon liegt darin, dass Kepler, wenn auch der Ausgangspunkt seiner Auseinandersetzungen metaphysisch war, dennoch dem leitenden Grundgedanken treu blieb, mit aller Energie des Geistes die Ursache für Zahl, Grösse und Bewegung der Planeten und ihrer Sphären zu erforschen. „Diese Ursachen erforschen zu wollen,“ heisst es in dem leider unvollendet gebliebenen Lebens-

bilde Keplers von Dr. E. Reitlinger (cf. Das 20. Jahrhundert, 6. Jahrgang, B. 4 S. 314), „war ein Unternehmen von unerhörter Kühnheit, so dass das berauschende Bewusstsein verständlich ist, welches Kepler bei dem Glauben ergriff, das Bild des Urschönen, von welchem Gott selbst bei der Schöpfung ausgegangen war, mit den schwachen Fähigkeiten eines sterblichen Menschen aufgefunden, und, der erste unter allen Erdbewohnern, mit der Vorstellungskraft des winzigen Hirnes erblickt zu haben! Eine geistige Orgie, allerdings eine solche, welche auf Einbildung beruhte! Und doch, trotzdem und alledem, in dem Momente, wo jener Gedanke in Kepler aufflammte, da ward des Menschen Phantasie vom heiligen Geiste der Wahrheit beschattet, und der Heiland der modernen Naturerkenntnis erzeugt. Denn jenem Irrtum entkeimten Keplers Gesetze, die Grundlagen Newtonscher Weisheit, tausendfältige Wahrheit quillte aus ihm. So ehren wir das Mysterium noch heute; was musste Kepler fühlen, der in demselben höchste und letzte Wahrheit sah, die ihm Gott selbst unmittelbar geoffenbart hatte? Musste da nicht wie von selbst jener begeisterte Hymnus seiner Brust entfliessen, der den Schluss des „Geheimnisses“ bildet?

„Grosser Künstler der Welt,“ betet er darin nach Herders Übersetzung, „ich schaue wundernd die Werke Deiner Hände nach fünf künstlichen Formen erbaut und in der Mitte die Sonne, Ausspenderin Lichtes und Lebens, die nach heiligem Gesetz zügelt die Erden und lenkt in verschiedenem Lauf. Ich sehe die Mühen des Mondes und dort Sterne zerstreut auf unermessener Flur. Vater der Welt, was bewegte Dich, ein armes, ein kleines, schwaches Erdengeschöpf so zu erheben, so hoch, dass es im Glanze dasteht, ein weithin herrschender König, fast ein Gott, denn er denkt Deine Gedanken Dir nach.“

Von der höchsten Wichtigkeit ist das, was Kepler im zwanzigsten Kapitel über das Verhältniß der Bewegungen zu den Entfernungen der Planeten sagt. Wolle man hier näher zur Wahrheit dringen und eine für sämtliche Planeten gültige Beziehung zwischen Entfernung und Bewegung ermitteln, so könne man, folgert Kepler, nur einen von zwei Fällen annehmen: „Entweder seien die bewegenden Planetenseelen in eben dem Masse schwächer, als sie sich ferner von der Sonne befinden, oder es wohne eine bewegende Seele im Centrum aller Planetensphären, nämlich in der Sonne, welche jeden Körper, je näher er ihr steht, desto mehr befeure, und bei den entfernteren wegen Ausbreitung und Verdünnung einigermassen ermatte.“ Und wie das Licht von der Sonne ausgehe, so sei diese auch der Quell für das Leben, die Bewegung und die Seele der Welt. Setze hier, ruft Kepler in einer Note zur zweiten Auflage aus, statt Seele — Kraft, und du sprichst die Wahrheit aus! Völlig richtig. Ja, die Kepler hier vorschwebende Vorstellung, dass die Licht- und Wärmestrahlen die anziehende Wirkung auf die Planeten ausüben, eine Vorstellung, welche in seinen Kalendern zur Erklärung der Erdbeben ganz modern in Falbschem Sinne zugleich mit der vom Freiherrn von Richthofen vertretenen Anschauung näher dargelegt wird, ist nach den im II. Teile von „Kraft und Masse“ schon angedeuteten Beweisen vollkommen berechtigt und in Übereinstimmung mit den Thatsachen, wie aus der auf Grund der Beobachtungen von Rebeur-Paschwitz' gefundenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen hervorgeht. Man gelangt so ohne weiteres zu der vollen und ganzen Wahrheit, wie sie Newton mit Hilfe der Huyghensschen Centrifugalformel aus dem dritten Keplerschen Gesetze abgeleitet hat. Freilich stellt Kepler im Mysterium, um der Schwächung der bewegenden

Sonnenkraft Rechnung zu tragen, noch ein irriges Verhältnis auf, welches sich durch ein Versehen in der Anwendung dem wahren mehr näherte, als es im ursprünglichen Ansatz lag. Das wahre Verhältnis zwischen Entfernung und Umlaufzeit der Planeten — die Kuben der grossen Halbachsen sind den Quadraten der Umlaufzeiten direkt proportional — bildet den Inhalt des dritten Keplerschen Gesetzes und wurde von ihm erst zwanzig Jahre später gefunden; gleichwohl haben wir in den ersten Versuchen und Ideen den Keim zu erblicken nicht allein zu dieser wunderbaren Entdeckung, sondern auch zu sämtlichen späteren Lösungsversuchen des Gravitationsproblemcs von Newton und Huyghens bis auf den heutigen Tag.

Newton, der aus dem dritten Keplerschen Gesetze und der Huyghensschen Centrifugalformel das Gesetz der allgemeinen Massenanziehung abgeleitet hat, hegte über die Ursache der Gravitationserscheinungen keine sichere Ansicht; seine diesbezüglichen Anschauungen haben, wie ich schon in „Kraft und Masse“ dargelegt habe, in dem ihm beschiedenen langen wissenschaftlichen Leben wesentliche Wandlungen durchgemacht; denn von der ursprünglichen Hypothese, nach welcher der Ätherdruck die Bewegungen der Himmelskörper nach mechanischen Gesetzen bewirke und welche er bereits im Jahre 1675 in einer Arbeit der R. S. dargelegt hat, gelangt er schliesslich in allmählichen Abstufungen, wie aus den Briefen, die er an Boyle, Halley und Bentley in den Jahren 1678, 1686 und 1693 geschrieben hat, und aus der zweiten Ausgabe seiner Principien zu ersehen ist, zu der ganz entgegengesetzten Meinung, dass die Gravitation eine *causa simplicissima* sei, für welche keine mechanische Erklärung angegeben werden könne. Da jedoch die Vorrede, in der dieser Gedanke in scharfer, deutlicher Fassung ausgesprochen wird, nicht von

Newton selbst, sondern von seinem Freunde Cotes herührt, so dürfte man nicht fehlgehen, wenn man mit Maxwell die Urheberschaft der Lehre von der materiell unvermittelten Fernwirkung der Anziehungskraft nicht für den Entdecker der allgemeinen Gravitation, sondern für seinen Freund Cotes allein in Anspruch nimmt, zumal da Newton sich mehrfach klar und deutlich darüber ausgesprochen hat, dass eine unvermittelte Fernwirkung der Materie etwas absurdes sei und kein mit logischer Denkfähigkeit begabter Forscher dieselbe annehmen könne. Präciser und treffender äussert sich Newton über diesen Punkt wohl kaum in einer anderen Stelle als in den folgenden Worten:

„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.“

Wenn auch Newton in einem Briefe vom Jahre 1693 an Bentley schreibt, dass er es der Erwägung seiner Leser überlasse, ob sie als Hintergrund der Gravitation ein materielles oder immaterielles Agens annehmen und durch den direkten Stoss der allseitig umherschwirrenden Ätheratome die Gravitationserscheinungen hervorgebracht wissen wollten — but whether this agent be material or immaterial, I have left to the consideration of my readers —, so lässt doch die vorstehend angeführte Äusserung darüber nicht im Zweifel, welche Ansicht er selbst für die richtigere gehalten hat.

Gleichwohl fand aber die von Cotes in der Vorrede zur zweiten Auflage der Principien angenommene Massenanziehung, die ihrem Wesen nach völlig transscendent

ist, in Europa mehr und mehr Eingang, so dass selbst die von Huyghens schon damals aufgestellte Ätherstosstheorie, welche auf bedeutend sichereren und rein mechanischen Principien ruht und der Keplerschen Anschauung sich näherte, fast gar keinen Anklang fand und erst durch die neueren Forscher ihrem wahren Werte nach gewürdigt werden musste. Die Grundvoraussetzung seiner Ätherstosstheorie legt Huyghens mit folgenden Worten dar:

„Um nunmehr die Schwere nach meiner Auffassung zu erklären, setze ich voraus, dass in dem Kreisraum, welcher die Erde und die bis auf eine grosse Entfernung rings um ihr befindlichen Körper umgiebt, eine flüssige Materie vorhanden ist, welche aus sehr kleinen Theilchen besteht, die sich divergent nach allen Richtungen mit grosser Geschwindigkeit bewegen. Wenn diese Materie aus jenem Raume, der von anderen Körpern umschlossen ist, nicht heraustreten kann, so muss ihre Bewegung nach meiner Behauptung zum Theil in eine um das Centrum rotierende übergehen; nicht jedoch in der Weise, dass sie alle in demselben Sinne rotieren sollen, sondern so, dass die Mehrzahl ihrer verschiedenen Bewegungen in kreisförmigen Bahnen in der Umgebung des besagten Raumes erfolgt, welcher darum auch der Erdmittelpunkt wird.“

Gemäss den beiden soeben erwähnten Erklärungsversuchen der allgemeinen Massenanziehung spalten sich auch sämtliche modernen Lösungen des Gravitationsproblemcs bis in die jüngste Zeit hinein in zwei wesentlich voneinander verschiedene Theorien, unter denen die einen, wie diejenige Cotes, transscendent, die anderen mechanisch sind. Als Repräsentant der ersten Richtung ist vor allen Professor Zöllner zu nennen, der seine Theorie in der Abhandlung „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie“ eingehend auseinander-

gesetzt hat. Nach ihm rühren die Gravitationserscheinungen von der Sensitivität und dem Willen — echt Schopenhauersch'! — der Atome her. Es sind eben die Gegensätze der positiven und negativen Elektrizität, welche den Anlass zu seiner Auffassungsweise gegeben haben. Da jedoch die unvermittelte Fernwirkung der mit positiver und negativer Elektrizität begabten Atome nicht weniger transcender Natur ist, wie die immaterielle Anziehungskraft selbst, so gerät man bei Zöllner sozusagen vom Regen in die Traufe, und ist seiner Theorie sicherlich kein höherer Wert als der Newton-Cotesschen oder, wenn man lieber will, der Bentley-Cotesschen Hypothese einzuräumen. Um übrigens die gewaltige Autorität Newtons für seine Auffassungsweise zu gewinnen, schiebt Zöllner der folgenden Äusserung Newtons: „Es ist unbegreiflich, wie unbeseelte, leblose Materie ohne die Vermittelung von sonst etwas, das nicht materiell ist, auf andere Materie ohne gegenseitige Berührung einwirken könne“ folgenden Sinn unter: „Es ist begreiflich, wie beseelter, lebendiger Stoff ohne irgend eine sonstige Vermittelung auf einen anderen Körper wirken kann.“ Auf die Inkonsequenzen, auf welche eine derartige Anschauung unbedingt führen muss, hier näher einzugehen, dürfte sich kaum lohnen, und ich kann darauf um so eher verzichten, als bereits Isenkrahe dieselben in dem Werke „Das Rätsel der Gravitation“ in humoristisch-satyrischer Weise beleuchtet hat.

Die zweite (Huyghenssche) Anschauungsweise wird besonders von Isenkrahe und den neueren Gravitationstheoretikern, sowie von denjenigen Forschern vertreten, welche auf physikalisch-mechanischer Grundlage das schwierige Problem der allgemeinen Massenanziehung in Angriff genommen haben. In der That knüpfte Isenkrahe an Huyghens' Voraussetzung an, dass der Welt-raum mit einem materiellen Fluidum erfüllt sei, dessen

äusserst feine Teilchen in unaufhörlicher Bewegung mit reissender Geschwindigkeit nach allen Richtungen begriffen seien. Nachdem er die grosse Zahl der seit Huyghens aufgestellten Theorien der Schwerkraft als ungenügend nachgewiesen hatte, bringt er seinen Versuch, das Rätsel der Schwerkraft zu lösen. Das weltraumerfüllende Medium ist nach ihm einfach der Äther, dessen Atomen ausser der Unteilbarkeit und unendlichen Kleinheit nur die Grundeigenschaften alles Stoffes, Raumerfüllung und Beharrung oder Trägheit, zugeschrieben werden; mit Huyghens setzt er voraus, dass die Ätheratome in sehr schneller Bewegung, vielleicht mit einer Geschwindigkeit von 60 000 Meilen begriffen seien. Wie die Geschwindigkeit der Luftmoleküle (500) $\frac{3}{2}$ mal so gross ist, als die Geschwindigkeit der Luftwellen des Schalles (333 m), so soll auch die Geschwindigkeit der Ätheratome $\frac{3}{2}$ mal so gross sein, als die Geschwindigkeit der Ätherwellen des Lichtes, also $\frac{3}{2} \cdot 40\,000 = 60\,000$ Meilen.

Wie die Luftmoleküle durch ihre Stösse gegen eine Wand eine Gesamtwirkung äussern, die wir als Gasdruck oder Spannung kennen, so bringen die Ätheratome durch ihre Stösse gegen einen Körper eine Gesamtwirkung hervor, die mit Ätherdruck bezeichnet wird; dieser Ätherdruck und sein Auftrieb ist die Ursache der allgemeinen Anziehung, sowie sämtlicher Äusserungen derselben. Da auch die Elasticität eine Äusserung der allgemeinen Anziehung ist, so muss auch sie durch die Äthertheorie erklärt werden; darum darf auch den Ätheratomen, so kalkuliert Isenkrahe, die Eigenschaft der Elasticität nicht beigelegt werden, weil sonst ein Rätsel durch ein anderes erklärt würde. Eben so wenig wie wir es in der Natur mit absolut starren und harten kleinsten Massenteilchen zu thun haben, eben so wenig sind darin vollkommen elastische Atome vorhanden;

das richtige liegt zwischen diesen beiden wohl denkbaren, aber sachlich nicht erreichbaren Extremen, und wir müssen uns, wenn wir nicht in selbstgeschaffene Schwierigkeiten geraten wollen, bei der Erklärung der Gravitation hüten, die Theorie auf den rein philosophischen Begriff eines absolut festen oder vollkommenen elastischen Ätheratoms zu gründen: denn Sachfragen lassen sich nur durch sachliche Axiome erklären und beantworten. In den letzten Fehler verfällt Vaschy, der 1886 eine neue mathematische Ätherstofftheorie der Gravitation aufstellte und dabei voraussetzt, dass die einzige Energie eines Ätheratoms seine lebendige Kraft sei, die es beim Abprall von einem anderen Atom vollständig behalte; damit hat das Ätheratom vollkommene Elasticität. Allerdings vermeidet er dabei den Fehler Isenkrahes, dessen Ätheratome ihre Geschwindigkeit beim Stosse vermindern, ohne dadurch wie beim elastischen Stosse fester Körper Spannkraft zu erzeugen. Isenkrahes Theorie widerspricht also dem Princip von der Erhaltung der Kraft und damit hat sie sich selbst gerichtet!

Im Gegensatz zu den letztgenannten Forschern gingen Professor Zenger und gleichzeitig auch ich mit ganz anderen Absichten und von ganz anderen Gesichtspunkten aus an die Lösung des Rätsels der Gravitation oder, mit Kepler zu reden, des „Geheimnisses“. Weder Zenger noch mir war es um die Aufstellung einer mathematischen Theorie der Schwere, wie sie Schramm, Isenkrahe u. a. aufgestellt haben, zu thun, sondern vielmehr um den experimentellen Nachweis, dass die Äusserungen der Schwerkraft mit denen der übrigen bekannten Naturkräfte, wie Licht, Wärme und Elektrizität, gleichartig, bezüglich als die Wirkung derselben zu betrachten sind. Den Beweis für die Gleichartigkeit und periodenmässige Gleichzeitigkeit der Schwerkraftswirkungen mit denjenigen der kalorischen und elektrischen Vorgänge auf

der Erde hat Zenger an der Hand sehr zahlreichen Beobachtungsmaterials in seinem höchst interessanten Werke „Die Meteorologie der Sonne und ihres Systems“ (Hartlebens Verlag, Wien 1886) geführt.

In den ersten beiden Abschnitten weist Zenger durch die Beobachtungen nach, 1) dass die erhöhte Sonnenthätigkeit, welche sich durch enorme Flecken, cyklonenartige Bewegungen in denselben und metallische Eruptionen (Protuberanzen) von enormer Höhe und Ausdehnung kennzeichnet einen parallelen Gang mit den magnetischen Störungen, Erdströmen besonderer Intensität, Nord- und Südlichtern, gewöhnlichen und Gewitterstürmen, Überschwemmungen, Hagelwettern und den durch die Photographie wahrnehmbar gemachten Erscheinungen der Absorption der aktinischen Strahlen zeigen, also sich wie Ursache und Wirkung verhalten; 2) dass, wie Airy, Wild u. a. zeigten, die solaren und terrestrischen magnetischen Störungen gleichzeitig sind, und letztere im selben physischen Augenblick auf der ganzen Erde beginnen; 3) dass auch die Nord- und Südlichter simultan sind; 4) dass es zwei bestimmte Punkte auf der Sonnen- wie auf der Erdoberfläche in der Nähe des Äquators gebe, die nahezu 180° in helio- und geocentrischer Länge voneinander abstehen und als beiderseitige Hauptstörungscentren zu betrachten seien; 5) dass also die Sonne und ihre Rotation die bestimmende Ursache der grossen Erdstürme sind. Zu Punkt 2 ist zu bemerken, dass die erste darin aufgestellte Behauptung nicht streng bewiesen und wahrscheinlich falsch ist, da Zenger in einem späteren Abschnitt für die Geschwindigkeit der solaren Störungsbewegungen bestimmte Zahlen anführt und dieselben sich nach der Erde nicht schneller fortpflanzen können, als ihre ~~E~~Ufigengeschwindigkeit ist, oder höchstens mit der Geschwindigkeit der von ihnen etwa erregten

Ätherschwingungen. Im III. Abschnitt bestimmt Zenger für die erwähnten Erscheinungen und für die Depressionen des Luftdruckes der Erdatmosphäre die ständig wiederkehrende Periode zu 12,6 Tagen, d. h. also nahe gleich $\frac{T}{2} = 12,5935$ Tagen, der halben Rotationsdauer der Sonne um ihre Achse; dasselbe wird im IV. Abschnitt für die seismischen Vorgänge, sowie im V. für die periodischen Sternschnuppenfälle durchgeführt. Noch näher auf diese Fragen hier einzugehen, halte ich für zu weit vom Ziele abführend; ich muss daher auf das Werk selbst verweisen. Ich lasse deshalb hier nur noch die Tafel der Umlaufszeiten der Planeten in ihrer Beziehung zur Sonnenrotation folgen, da die betreffenden Zahlen bei der Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen gebraucht werden.

Planet	Umlaufszeit beobachteter Tage	Divisor	Periode	Umlaufszeit berechneter Tage	Differenz		+ 0,23 + Mittlere Differenz
					Tage	Prozent	
Merkur	87,9693	7	12,567	88,1653	+ 0,1960	+ 0,22	
Venus "	224,7008	18	12,483	226,7109	2,0101	0,89	
Erde	365,2564	29	12,595	365,2564	0,0000	0,00	
Mars	686,9796	55	12,491	692,2720	5,2924	0,77	
Jupiter	4332,5882	344	12,595	4332,6800	0,0918	0,002	
Saturn	10759,2364	854	12,599	10756,1300	— 3,1064	0,029	
Uranus	30688,3904	2437	12,593	30694,0150	+ 5,6246	+ 0,018	
Neptun	60181,1132	4778	12,596	60178,9100	— 2,2032	— 0,004	

Aus jahrelangen Beobachtungen hat Zenger am Ende des Werkes die Schlussfolgerung gezogen:

„Als Resumé alles Vorangegangenen lässt sich kurz aussprechen, dass alle meteorologischen Erscheinungen, alle endogenen Störungen, sowie die Bewegungen im Sonnensystem, die Erscheinungen der allgemeinen Attraktion, der

elektrischen und magnetischen Kraftäusserung auf eine einzige Urkraft sich zurückführen lassen, die ebenso in der Sonne, wie im kleinsten Teilchen des ungeheuren Sonnensystems und der ungezählten übrigen Sonnensysteme ihren Sitz hat, und deren Energie, nach denselben allgemeinen Grundgesetzen wirkend, die Wirkung nur in verschiedenen Formen äussert, als elektrische und magnetische Kraft, von der alle übrigen Formen deriviert werden können, seien es elastische, Schall-, Licht- oder Wärmeerscheinungen, oder Gravitationswirkungen.“

Bestimmung der Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen.

Die Entdeckung der X-Strahlen durch Professor Röntgen hat in den letzten Monaten das Studium der Ätherschwingungen sowohl in experimenteller als auch in theoretischer Richtung in den Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses gebracht und zu neuen Untersuchungen angeregt. Wenn nun auch die nun folgenden Entdeckungen schon vor mehreren Jahren veröffentlicht worden sind, so ist die zusammenhängende Darstellung über die Schwerkraftstrahlen dennoch durch die Entdeckung der X-Strahlen mit beeinflusst worden, zumal da die in der Broschüre „Licht-, Elektrizitäts- und X-Strahlen“ veröffentlichten theoretischen Ergebnisse mir den Beweis brachten, dass meine für alle Ätherschwingungen aufgestellten Gesetze in der That auf allgemeine Gültigkeit Anspruch erheben können. Ich habe daher auf Grund der Sellmeierschen Absorptionstheorie die allgemeinsten Wirkungsgesetze der Schwerkraftstrahlen abgeleitet, so dass, weil ja auch die Röntgen-Strahlen nach der soeben erwähnten Broschüre den Gesetzen dieser Theorie folgen, der Schluss nahe liegt, dass die X-Strahlen und die Schwerkraftstrahlen wenn nicht ganz identisch, so doch sicherlich einander ähnlich sind. Diese Ansicht wird durch die hohe Autorität von Professor Oliver J. Lodge-Liverpool F. R. S. bestätigt; derselbe gelangt bei der Besprechung der verschiedenen zur Erklärung der Röntgen-Strahlen aufgestellten Hypothesen

zu dem Schlusse, dass die Annahme Röntgens, die X-Strahlen seien longitudinale Ätherschwingungen, sehr viel für sich habe und es als wahrscheinlich erscheine, dass die Röntgen-Strahlen mit den Schwerkraftstrahlen identisch seien. Die Schlussfolgerungen, welche Lodge aus der Annahme der longitudinalen Wellen über die Kompressibilität des Äthers, des Übertragungsmittels dieser Schwingungen, zieht, schweben in der Luft, da ihm die Kenntnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen fehlt. Es ist von ihm seiner Rechnung der hypothetische Wert von von 10^{15} cm oder 10^{13} m in der Sekunde für diese Geschwindigkeit zu Grunde gelegt worden, ein Wert, der millionenmal grösser als die Lichtgeschwindigkeit ist. Die von mir gegebene Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen bietet erst die notwendige experimentelle Grundlage und Handhabe für die Prüfung und Ausbauung derartiger Theorien und dürfte daher für die weitere Entwicklung der modernen Wellenlehre von Wichtigkeit sein. Ich gehe nunmehr zur Darstellung dieser Resultate über.

Der Gedanke Zengers, den ich am Schlusse des vorigen Abschnittes angeführt habe, und den Zenger erst durch mühevollen Untersuchungen abzuleiten versucht hat, bildete für mich, da sich mir das Mayersche Gesetz von der Erhaltung der Kraft aus der einen Kraftgattung in die andere zu demjenigen der Wesensgleichheit aller Naturkräfte erweiterte, die sichere Grundlage, von der ich bereits in meiner ersten Abhandlung über „die Erklärung der Schwerkraft aus rein mechanischen Principien“ (Zeitschrift des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt, Berlin 1886) ausging; indessen sah ich schon damals, wozu ich heute noch grössere Ursache habe, als die Grund- und Urkraft,

auf welche alle übrigen Naturkräfte sich qualitativ und quantitativ zurückführen lassen, die Wärme, d. h. die Schwingungen des Äthers, an. Nachdem ich in der weiter oben auseinandergesetzten Weise den Nachweis geführt hatte, dass die Wirkungsgesetze der Massenanziehung und der Wärmestrahlung der Sonne qualitativ und quantitativ die gleichen sind, musste ich dennoch, da aus der Identifizierung der Schwerkraft mit der Sonnenwärme folgt, dass die Schwerkraft zu ihrer Fortpflanzung Zeit gebraucht, vor allen Dingen den Beweis hierfür durch die Beobachtung erbringen, d. h. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen experimentell messen oder durch Beobachtungen nach Art derjenigen bestimmen, welche Olaf Roemer bei der Ermittlung der Lichtgeschwindigkeit benutzt hat. Als ich daher nach etwaigen Vorversuchen in der Litteratur mich umsah, fand ich, dass schon im Jahre 1832 von Lorenz Hengler aus Reichenhofen in Württemberg ein Apparat erfunden und konstruiert worden ist, welcher eine experimentelle Entscheidung jener Frage durch direkte Messung gestattet, nämlich das sogenannte Horizontalpendel, oder, wie es Hengler auch nennt, die astronomische Pendelwage. Dieselbe ist nicht von dem Franzosen Perrot, wie Herr Professor Zöllner 1869 irrthümlich meinte, in den sechziger Jahren zuerst erfunden, sondern schon im Jahre 1832 von dem Deutschen Hengler, der damals als cand. phil. in München immatrikuliert und ein Schüler Gruithuisens war, nicht nur erfunden, sondern auch in astronomisch wichtigen Fragen mit Erfolg benutzt worden.

Die Pendelwage besteht aus einem mittelst zweier Seidenfäden horizontal gehaltenen Pendel, das in einer schiefen Ebene schwingt; zu diesem Behufe dürfen die beiden festen Punkte, von welchen die Seidenfäden ausgehen, nicht genau senkrecht untereinanderstehen. Die Empfindlichkeit, deren dies Instrument fähig ist, ist so

In F sei ein Körper, so bewegt sich dieser in der Richtung F H (wenn F H perpendicular auf A B ist) mit einer Kraft, die sich zur Schwere verhält wie DE : AD; oder wenn diese Kraft = g, die Schwere = G ist, so verhält sich

$$g : G = E D : A D, \text{ daher } g = \frac{E D}{A D} G;$$

oder wenn diese Bewegung entweder durch eine Unterlage m n oder durch den Faden K F gehindert wird, so wird der Faden mit der nämlichen Kraft g gespannt oder die Unterlage gedrückt. (In diesem Falle ist m n $\perp$ A B und K F senkrecht auf A B.)

2) Denkt man sich die Unterlage aber so, dass sie die Lage u v, oder den Faden, dass er die Richtung M F (senkrecht auf u v) hat, so wird auch jetzt wieder die Kraft g in zwei Kräfte zerlegt, wovon die eine auf die Unterlage u v drückt, die andere den Körper in der Richtung F u bewegt, und wenn diese letztere = γ ist, so verhält sich (weil $\triangle F u m \sim \triangle u F M \sim \triangle m F M$),

$$\gamma : g = m F : M F$$

und nach N. 1 $g : G = E D : A D$

$$\gamma : G = m F \cdot E D : M F \cdot A D, \text{ das heisst,}$$

da m F der Sinus des Elevationswinkels = a,

E D der Sinus des Neigungswinkels = α ,

M F die Länge des Pendels = l,

A D die Länge der schiefen Ebene = L ist,

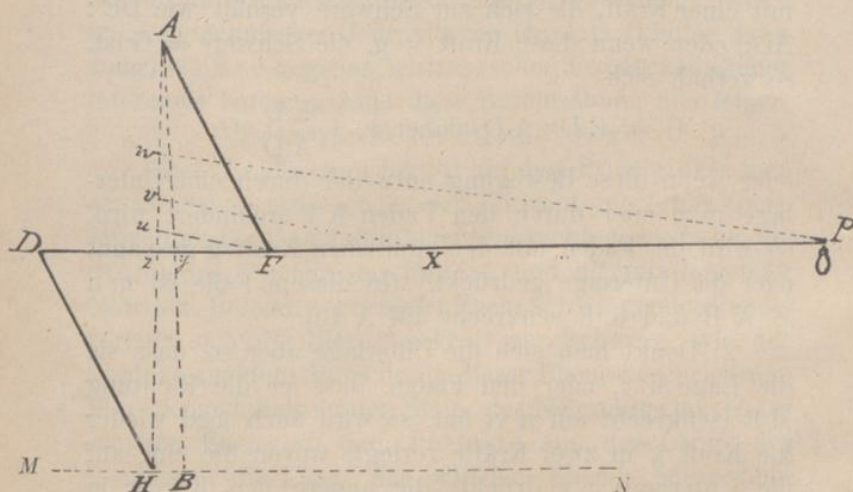
$$\gamma : G = A \alpha : l L, \text{ also } \gamma = \frac{a \alpha}{l L} G.$$

Da sowohl der Winkel E A D als auch der Winkel m F u = m M F beliebig genommen ist, so gilt der Beweis natürlich für jeden anderen, also allgemein. —

Beschreibung des Instrumentes.

Um einen Körper in einer gegen den Horizont geneigten Ebene schwingen zu lassen, wobei die Reibung

fast gänzlich aufgehoben ist, mache man folgende Einrichtung:



Es seien in obenstehender Figur A und B senkrecht übereinanderstehende feste Punkte; D H und A F zwei Fäden, welche in A und H befestigt sind und den Hebelarm D P, dessen Schwerpunkt nach P fällt, in horizontaler Lage halten; so wird dieser Hebelarm nur in einer mit der Linie M N (welche durch H und B gezogen ist) parallelen Lage ruhen und jedesmal wieder dahin zurückkehren, wenn er durch irgend eine Kraft aus dieser Lage gebracht worden ist, oder eigentlich nach Art eines Pendels hin- und herschwingen, und zwar in einer schiefen Ebene, deren Neigungswinkel $= \angle H A B$ ist. Man mag daher ein Gewicht oder eigentlich den Schwerpunkt des Hebelarms auf jeden beliebigen Punkt desselben übertragen, so beschreibt er Schwingungen in einer unter dem Neigungswinkel $H A B$ gelegten Ebene, wobei die Länge des Pendels dem Abstand von dem Punkte z (wenn dieses der Punkt ist, wo die Linie H A den Hebelarm schneidet) proportional ist.

Denn man wähle sich den Punkt F, ziehe F u senkrecht auf A H und drehe den Hebelarm um die Linie A H als Achse (denn diese ganze Linie ist unbeweglich, weil die Punkte A und H unbeweglich sind), so beschreibt die Linie F u eine Kreisfläche und F einen Kreis in einer Ebene, welche gegen den Horizont unter dem Winkel $u F z = H A B$ geneigt ist, was sogleich einleuchtet, wenn man sich das $\triangle A F u$ als festen Körper denkt, welcher alsdann einen Kegel beschreibt, dessen Achse A u ist und dessen Grundfläche u F zum Radius hat. Aus dem nämlichen Grunde beschreiben die Punkte X, P Kreise in einer schiefen Ebene, deren Neigungswinkel $v X z = w P z = u F z = H A B$ sind und deren Radien dem Abstände von z proportional sind, d. h. für den Punkt P ist P w, für X ist X v der Radius.

Will man nun die Kraft γ , die erfordert wird, für den Elevationswinkel, dessen Sinus = a ist, obige Gleichung hier anwenden, so ist H B der Sinus des Neigungswinkel der schiefen Ebene = a,

A H die Länge derselben = L,

w P die Länge des Pendels = l; daher

$$\gamma = \frac{a \cdot H B}{A H \cdot w P} G,$$

oder da man, wenn der Winkel $H A B = w P z$ sehr klein ist, (wie hier gewöhnlich) ohne merklichen Fehler A B statt A H und P z statt P w setzen kann, so ist auch

$$\gamma = \frac{a \cdot H B}{A B \cdot P z} G.$$

Leichtere Bestimmung der Kraft (γ).

Aus der Gleichung $\gamma = \frac{a \cdot H B}{A B \cdot P z} G$ lässt sich die

Kraft γ zwar theoretisch ganz genau bestimmen; allein wenn das Instrument bei mässiger Grösse sehr empfindlich sein soll, so muss H B so klein werden, dass man es unmöglich genau messen kann; und es ist daher in

diesem Falle wünschenswert, ein anderes Mittel zu haben, wodurch diese Kraft γ bestimmt werden kann. Ein solches ist die Schwingungszeit des Hebelarms. Es ist nämlich aus der Pendellehre bekannt, dass sich bei gleichen Pendellängen die Schwingungszeiten verkehrt verhalten, wie die Quadratwurzeln der bewegenden Kräfte; oder wenn ein Pendel, bei welchem eine Kraft $= G$ wirkt, eine Schwingungszeit $= t$ hat, ein anderes aber von gleicher Länge, bei welchem eine Kraft $= g$ wirkt, eine Schwingungszeit $= n t$ hat, so verhält sich

$$G : g = n^2 t^2 : t^2. —$$

Wenn nun t eine Sekunde, nt also n Sekunden bedeutet, so verhält sich $G : g = n^2 : 1$. Nun aber verhält sich bei einem Sekundenpendel, dessen Länge $= \lambda$, die Elevationskraft $= \gamma$ für den Elevationswinkel, dessen Sinus a ist, zu der bewegenden Kraft g oder

$$\gamma : g = a : \lambda \text{ und nach oben}$$

$$g : G = \pi : n^2, \text{ also}$$

$$\gamma : G = a : \lambda n^2, \text{ daher}$$

$$\gamma = \frac{a}{\lambda n^2} G.$$

Auf diese Art lässt sich nun γ sehr leicht bestimmen. Es sei z. B. die Schwingungsdauer oder

$$n = 100 \text{ Sekunden,}$$

$$a = 1 \text{ Linie,}$$

$$\lambda = 306 \text{ Linien, so ist}$$

$$\gamma = \frac{1}{3060000} G.$$

Die vorstehenden Berechnungen habe ich darum so genau wiederholt, weil auch bei den späteren viel vollkommener eingerichteten Horizontalpendeln von Zöllner, von Rebeur-Paschwitz und neuerdings dem von Stückrath in Friedenau angefertigten die Theorie dieselbe ist. Die wichtigsten Vorsichtsmassregeln bei der Anfertigung und Aufstellung des Instrumentes hat schon Hengler an-

gegeben; er weist darauf hin, dass fremde Kräfte, wie der Luftzug, auch Elektrizität, Magnetismus u. s. w., durchaus ferngehalten werden müssen. Mit seinem Instrument hat Hengler eine Reihe von Beobachtungen angestellt und ist dabei zu dem unzweifelhaften Resultat gelangt, dass die einen Monat hindurch beobachteten Oscillationen der Pendelwage von der Attraktion der Sonne und des Mondes herrührten. Er beobachtete nämlich, dass der Hebelarm seines Horizontalpendels sich von 12 Uhr mittags bis etwa nach 3 Uhr immer mehr und mehr nach Westen zog, dann wieder allmählich zurückkehrte, so dass er etwas nach 6 Uhr wieder in der Mittellinie stand; dass er sich dann nach und nach hinüber nach Osten zog und dann allmählich wieder zurück, so dass er gegen 12^{1/2} Uhr wieder in der Mittellinie stand. Diese Oscillationen wiederholte er nach Henglers Bericht immer in der nämlichen Zeit, wovon er, Hengler, sich zwei Monate lang täglich überzeugt habe. Die Vergleichung der Oscillationsgrenzen an den verschiedenen Tagen ergab, dass die Grenzen am grössten zur Zeit des Neu- und Vollmondes, am kleinsten aber in den Quadraturen waren; hingegen das tägliche Ab- und Zunehmen nur einigermaßen zu bestimmen und so quantitativ zu ermitteln, wieviel Zeit die Gravitation zur Fortpflanzung bedarf, gelang ihm ebensowenig wie nach ihm Zöllner und zwar wahrscheinlich wegen der Untauglichkeit des Lokales und der etwas zu geringen Empfindlichkeit des Instrumentes. Mit Rücksicht auf diesen Umstand äusserte ich im Anfang des Jahres 1887 (*Ztschrft. d. D. Ver. z. F. d. Luftschiffahrt*) die Absicht, die Versuche Henglers, sobald sich mir die günstige Gelegenheit dazu bieten sollte, namentlich im Hinblick auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen zu wiederholen, da die Pendelwage in einem geeigneten, vor temporären Erschütterungen gesicherten

Beobachtungsraume noch Dienste würde leisten können, selbst wenn die Gravitationswellen sich noch mehrmals schneller als diejenigen des Lichtes fortpflanzen würden.

Ganz abgesehen davon, dass mir bis heute noch nicht die Benutzung eines empfindlichen Horizontalpendels zur Verfügung gestanden hat, habe ich leider die vorzüglichen Beobachtungen, welche der im vorigen Jahre verstorbene Professor Dr. E. v. Rebeur-Paschwitz mit seinem Instrument im Jahre 1889 und später angestellt hat, erst im Jahre 1893 kennen gelernt und daher auch erst in diesem Jahre dessen Beobachtungen zur Ermittlung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraft benutzen können. Diese methodischen Versuche, welche E. von Rebeur-Paschwitz im Jahre 1889 in Wilhelmshaven mit einem höchst empfindlichen Horizontalpendel angestellt hat, sind für die Entscheidung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitationswellen von ausserordentlicher Bedeutung und werden das Vorbild für spätere Versuche in dieser Richtung bilden. Man findet dieselben in den Astronomischen Jahrbüchern im 126. Hefte. Aus zwei Gründen verdienen die Beobachtungen von E. von Rebeur-Paschwitz hohes wissenschaftliches Interesse; dieselben erlauben nämlich nicht nur einen Schluss auf die Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen zu ziehen, sondern bringen gleichzeitig auch noch den strikten Beweis, dass die Gravitationswirkungen mit den Erscheinungen, welche durch die Sonnenstrahlen unzweifelhaft bedingt werden, übereinstimmen und danach die oben angeführten Ansichten von Zenger vollständig berechtigt sind.

Statt jedoch hier die Beschreibung des älteren Rebeurschen Pendels zu bringen, das von Repsold in Hamburg angefertigt worden ist, lasse ich, zumal da mir hoffentlich im nächsten Jahre durch die gütige Vermittelung des Geheimen Regierungsrates Professor

Dr. Helmholtz, an den ich bereits eine diesbezügliche Bitte gerichtet habe, die Gelegenheit geboten werden wird, mit einem noch besseren und empfindlicheren Horizontalpendel eigene Versuche anstellen zu können, die Beschreibung dieses zuletzt auch von Rebeur benutzten Apparates folgen. Dasselbe ist von dem Mechaniker Herrn Stückrath in Friedenau angefertigt und wird auf der Berliner Gewerbeausstellung 1896 ausgestellt werden, so dass die Leser bald Gelegenheit haben dürften, dasselbe sich näher anzusehen. Herr Stückrath hat mir kürzlich mit grosser Bereitwilligkeit versprochen, sobald die beiden Horizontalpendel fertig sind, welche er augenblicklich in Arbeit hat, mir für einige Versuche behufs direkter Messung der Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen das eine dieser äusserst empfindlichen Präcisionsinstrumente eine Zeit lang zur Verfügung zu stellen. Auch die nachfolgende in der Zeitschrift für Instrumentenkunde veröffentlichte Beschreibung verdanke ich dem freundlichen Entgegenkommen Herrn Stückraths und der Verlagsbuchhandlung J. Springer, wofür ich denselben hier meinen aufrichtigen Dank ausspreche.

„Das hier in seiner Einrichtung beschriebene Instrument wurde vor etwa zwei Jahren auf Bestellung des verstorbenen Docenten an der Halleschen Universität, Herrn Dr. E. v. Rebeur-Paschwitz, angefertigt und sollte, so viel mir bekannt, benutzt werden für Beobachtung und Registrierung von Erdbeben, welche in entfernten Erdteilen stattfinden, ferner zur Beobachtung von Bodenbewegungen minimaler Grösse und langsamen Verlaufes, wahrscheinlich auch noch zur Lösung einiger, die astronomische Wissenschaft interessierenden Fragen.

Als Grundlage bei der Konstruktion dienten mir Skizzen des älteren, von Repsold gefertigten einfacheren

Instruments, die ich von Herrn von Rebeur-Paschwitz erhalten hatte.

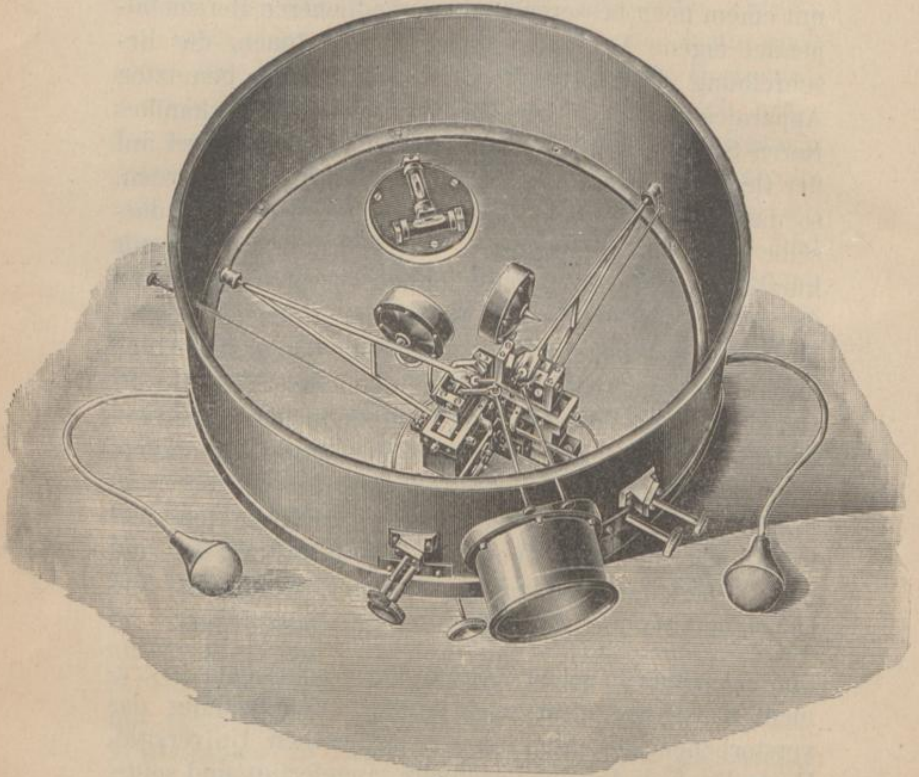


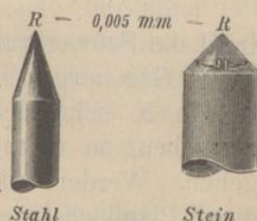
Fig. 1.

Die Hauptteile des in Fig. 1 in Totalansicht dargestellten Instrumentes sind ein leichter, als durchbrochenes gleichschenkliges Dreieck aus Aluminium gefertigter Körper, das Pendel (A B C in Fig. 3) und die beiden am Gestell angebrachten feinen Spitzen S und S', um welche die Drehung des Pendelkörpers stattfindet.

Bedingungen für die Empfindlichkeit und Brauchbarkeit des Instrumentes sind 1. möglichst feine Spitzen aus möglichst widerstandsfähigem Material, 2. die

Erzielung einer, soweit irgend thunlich, reibungsfreien Bewegung des Pendels, 3. die Möglichkeit der feinsten Justierbarkeit der Lage der Spitzen gegeneinander bei stabiler Lagerung derselben im Gestell. Als vierter Punkt kommt dann noch in praktischer Hinsicht hinzu, dass dafür Sorge getragen ist, das Aufhängen des Pendels auf die Spitzen bewirken zu können, ohne Gefahr zu laufen, die feinen Spitzen durch Gleiten der Pfannen auf denselben zu beschädigen.

Welches Material für die Spitzen zu wählen ist, bleibt noch unentschieden, da leider längere Beobachtungen mit meinem Apparat noch nicht vorliegen. Ich hatte dem Apparat Spitzen von Stahl und von Achat beigegeben. Beide Sorten war es mir gelungen so weit zu schleifen, dass der Krümmungsradius der äussersten Spitzenabrundung nicht mehr als 0,005 mm betrug, wobei allerdings der Kegelwinkel bei den Steinspitzen 90° war, während die Stahlspitzen einen weit kleineren Kegelwinkel haben konnten (vgl. d. Fig.). Die kleinen Kugelkalotten am Ende der Spitzen zeigten aber bei 100 facher Vergrösserung eine gleichmässige Ab- rundung sowohl bei Stein wie bei Stahl.



Die erste Frage bei der Konstruktion war jetzt die Lage der Spitzen.

Im Interesse eines möglichst freien Spiels des Pendels auf den Spitzen schien es mir nicht angebracht, die beiden Spitzen so zu stellen, dass die Verlängerungen ihrer Achsen durch den Schwerpunkt des Pendels gehen, wie es bei dem Repsoldschen Apparat der Fall ist. Ich ging von der Betrachtung aus, dass ich mir das Dreieck $A B' C'$ (Fig. 2) in A um eine horizontale Achse drehbar aufgehängt dachte. Sein Schwerpunkt O' liegt

und labil, wenn O'' auf dieselbe Seite von AF fällt wie O. Die Empfindlichkeit des Instruments wird, ähnlich der Wage, um so grösser, je näher O'' an AF herankommt.

Im Gleichgewicht, also in Ruhe, kann das Pendel nur hängen, wenn die Ebene, welche durch die Punkte A, O und C gegeben ist, zugleich die Richtung der Schwerlinie enthält. Verschiebt man also den Punkt C in der Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung, so muss notwendig eine Drehung um die Achse AC eintreten, bis sich die neue Ebene A C O wieder in der Richtung der Schwerlinie befindet. Da das Instrument ausserordentlich empfindlich ist, so kam alles darauf an, die Justierbarkeit der Spitze C so fein und sicher als möglich zu machen.

Dies vorausgeschickt komme ich nun zur Beschreibung des Apparates. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sind im Apparat zwei Pendel aufgehängt, welche bei horizontaler Stellung des Gehäuses nahezu unter rechtem Winkel zu einander stehen, um auch diejenigen Abweichungen zur Erscheinung zu bringen, welche gerade in die Ebene des einen Pendels fallen, von diesem also nicht angezeigt werden können. Es genügt, ein Pendel zu besprechen, da beide vollkommen identisch konstruiert sind.

Eine starke, runde, gusseiserne Platte E E (Fig. 3), welche auf drei kräftigen Fusschrauben soweit horizontal gestellt werden, als es mittels der in Fig. 1 sichtbaren Röhren-Libellen möglich ist. Auf dieser Platte steht als Umhüllung des Instrumentes ein kupferner Zylinder, der durch eine oben aufgelegte starke Spiegelglasplatte geschlossen wird.

Durch die Grundplatte geht für jedes Pendel ein hahnartiger Konus H (in Fig. 3 sind fast alle Teile nur für ein Pendel sichtbar) derart, dass seine Achse nahezu senkrecht unter der oberen Spitze S liegt, welche das

Pendel trägt. Jeder Konus trägt unten ein Schneckenrad R, welches durch eine Schraube ohne Ende sehr langsam gedreht werden kann. Auf der oberen Konus-

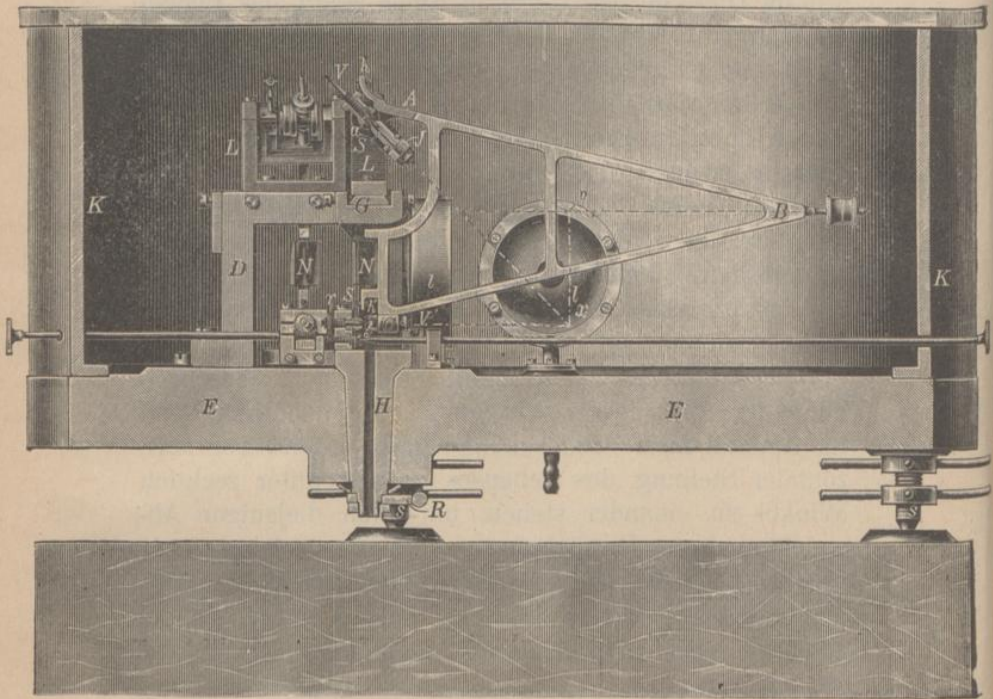


Fig. 3.

fläche ist das Lager für die untere Spitze S' befestigt. Die Spitze S' geht als Mikrometerschraube durch ihr Lager und kann ebenfalls durch Schraube ohne Ende und Schneckenrad r sehr fein vorwärts bewegt werden. Da es sich für die Feinstellung der Spitze höchstens um 1 Umdrehung der Mikrometerschraube handeln kann, so ist die Bewegung durch Schneckenrad und Schraube ohne Ende sehr gut möglich, wenn das Rad nicht dem Durchmesser der Schraube entsprechend am Rand aus-

gedreht ist, sondern seine Zähne der Neigung der Schraube entsprechend schräg auf den Umfang aufgeschnitten sind. Unter einem Mikroskop wird nun die Spitze S' so eingestellt, dass sie etwas, sagen wir 0,5 mm, ausserhalb der Achse des Konus H steht; sie wird also bei Drehung von H einen Kreis von 0,5 mm Radius beschreiben. Nur durch diese Einrichtung ist es möglich, die Pendel, während sie schwingen, in eine bestimmte Gleichgewichtslage zu bringen. Ich komme später darauf zurück. Über den beiden Konis H steht ein dreibeiniger Bock DDD , dessen Grundriss und Stellung zu HH aus Fig. 4 ersichtlich ist. Auf den beiden winklig zu einander stehenden Oberflächen dieses Bockes sind 2 Schlitten G (siehe auch Fig. 3) durch Schrauben verstellbar.

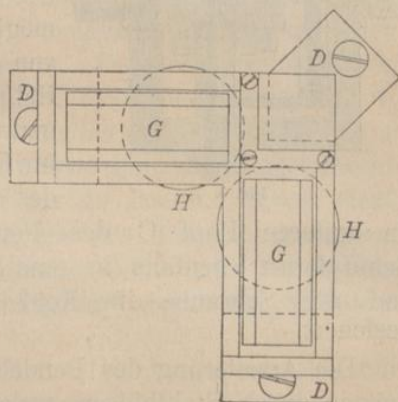


Fig. 4.

Auf diesen Schlitten sind die Lagerböcke L befestigt, welche ihrerseits die Lager J für die oberen Spitzen S (Fig. 5) tragen. Analog den unteren Spitzen S' gehen die Spitzen S als Mikrometerschrauben durch die Lager J hindurch, durch Gegenmuttern gesichert. Die Spitzen S werden unter dem Mikroskop so eingestellt, dass sie in die Achse der Zapfen Z des Lagers J fallen. Es tritt dann durch Drehung von J in den Lagerböcken L keine Verschiebung der Spitzen S im Raum ein.

In den Kopf A des Pendels ist ein Messingzapfen M drehbar eingepasst und durch eine Mutter mit demselben verschraubt. Dieser Zapfen ist senkrecht zu seiner Achse durchbohrt und in ihm die Schraube V

durch Gegenmutter befestigt. Die Schraube V trägt an ihrem einen Ende einen eingekitteten Achatstift a, der als Pfanne, auf der das Pendel schwingen soll, gut

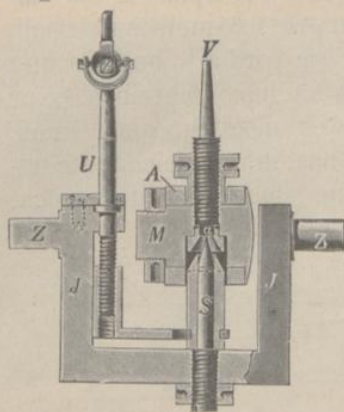


Fig. 5.

plangeschliffen ist. Der Kopf A ist soweit ausgefräst, dass man M mit V ca. 30° drehen kann, um der Schraube V die richtige Lage S x (Fig. 3) geben zu können. Die plane Fläche von a soll möglichst genau in die Achse von M fallen. Die untere Hälfte von M ist weiter ausgedreht als das Gewinde V, um Raum für die Arretierung des Pendels zu bekommen.

Im unteren Kopf C des Pendels (Fig. 3) ist die Achatpfanne ebenfalls in eine Schraube V' eingesetzt und die Schraube im Kopf C durch Gegenmutter gesichert.

Die Arretierung des Pendels geschieht an beiden Spitzen durch Stahlhülsen, welche sich auf den cylindrisch gedrehten Teilen der Spitzen S und S' schieben und, wie aus Fig. 5 leicht ersichtlich ist, durch eine Schraube U und eine Mutter bewegt werden, welche letztere mit einem gabelförmigen Arm die Hülse in einer eingedrehten Nut umfasst. Die Schraube U trägt oben ein Universalgelenk, dessen zweiter Arm in der Fig. 1 über die Beleuchtungslinse aus dem Gehäuse heraustritt. Für die untere Spitze läuft der Schlüssel unter dem Pendel her, parallel mit diesem, und ist in Fig. 1 für das linke Pendel sichtbar. Die Arretierungshülsen sind oben konisch abgedreht und passen in je einen Konus, welcher die Achatpfannen umschliesst.

Um die Masse des Pendels bestimmen zu können, trägt dasselbe an den Köpfen A und C noch zwei kleine Stahlspitzen h h' (Fig. 3), welche möglichst genau in die Verbindungslinie der Spitzen S S' fallen, und mittels deren das Pendel auf einem besonders beigegebenen Stativ vertikal aufgehängt werden kann, um die Schwingungsdauer in dieser Lage festzustellen.

Die Einrichtung des Apparats zum Gebrauch geschieht nun in folgender Weise. Mit Hilfe des nach allen Seiten zwischen Schrauben beweglichen Schlittens G wird die obere Spitze S möglichst genau senkrecht über die untere S' gebracht. Die Arretierungshülsen werden soweit vorgeschraubt, dass die Spitzen S S' in denselben verschwinden, und das Pendel auf die Arretierungshülsen aufgesetzt, welche dann zurückgeschraubt werden, um das Pendel frei zu lassen. Zuerst sieht man nach, ob die Mittellinie des Pendels genügend horizontal steht; ein eventueller Fehler wird durch Verschieben der unteren Achatpfanne durch die Schraube V' beseitigt.

Nun wird der Schlitten G so lange verstellt, bis man das Pendel zum Schwingen gebracht hat, wenn auch nur in seinen äussersten Lagen, und bis die gewünschte Empfindlichkeit, entsprechend einer Schwingungsdauer von 25 bis 30 Sekunden, erreicht ist. Völlig wird man durch die Schraubenbewegung des Schlittens G nicht zum Ziele kommen, dazu ist diese Bewegung zu grob.

Die Feinstellung geschieht dann an der unteren Spitze S'. Da, wie früher erwähnt, die Spitze S' in 0,5 mm Entfernung von der Achse des Handstücks H bleiben soll, so darf die Bewegung der Spitze in der Richtung ihrer Achse, welche zur Erzielung der grössten Empfindlichkeit noch gebraucht wird, nur unbedeutend sein; die Feinstellung ist aber dadurch, dass die Schraube

durch Schnecke und Schneckenrad bethätigt wird, wobei volle 50 Umdrehungen des Schlüssels erst einer Vorwärtsbewegung um 1 Schraubengang, gleich 0,25 mm, entsprechen, mit aller wünschenswerten Genauigkeit zu erreichen.

Durch Drehung des Hahnstücks H mittels Schnecke und Schneckenrades R beschreibt die Spitze, wie schon oben bemerkt, einen kleinen Kreis von 0,5 mm Radius, und nahe dem Scheitelpunkt dieses Kreises ist die Seitwärtsbewegung der Spitze so fein und langsam, dass die Gleichgewichtslage des Pendels mit Leichtigkeit zu erzielen ist.

Es ist bei stärkeren Neigungen des Instruments, wenn das eine Pendel stark aus seiner Gleichgewichtslage gekommen ist, nötig, und zwar hauptsächlich für das andere Pendel, die Schwingungsdauer neu bestimmen zu können, da für das zweite Pendel durch die vorgekommene Neigung der Abstand der Achsenlinie SS' von der Vertikalen verändert ist. Um nun die Pendel ohne Berührung des Instruments in kleine Schwingungen versetzen zu können, sind innerhalb des Winkels, den die Pendel miteinander bilden, zwei Luftkammern I angebracht, mit Hilfe deren man durch Gummischlauch und kleine Gummibälle einen schwachen Strom der in dem Apparat enthaltenen Luft gegen die Pendel blasen und diese hierdurch leicht in Schwingungen beliebiger Grösse versetzen kann.

Es erübrigt nun noch, die photographisch erfolgende Registrierung zu besprechen.

An jedem Pendel ist, unter 45° gegen die Ebene des Pendels geneigt, ein kleiner Planspiegel NN' (Fig. 3 und Fig. 6) so angebracht, dass die spiegelnde Fläche nahe in die Drehachse SS' des Pendels fällt. Die Spiegel der beiden Pendel stehen in normaler Lage parallel zu einander. Zwischen ihnen sind zwei recht-

winklige Prismen $P P'$ so angebracht, dass sie um eine horizontale und eine vertikale Achse bewegt werden können. Die Einstellung um die horizontale Achse braucht nur einmal gemacht zu werden, die Drehung um die vertikale Achse ist dagegen im Laufe der Beobachtung immer zu korrigieren, sobald die Pendel ihre Gleichgewichts-
ge-
wichts-
lage
über
ein be-
stimmtes

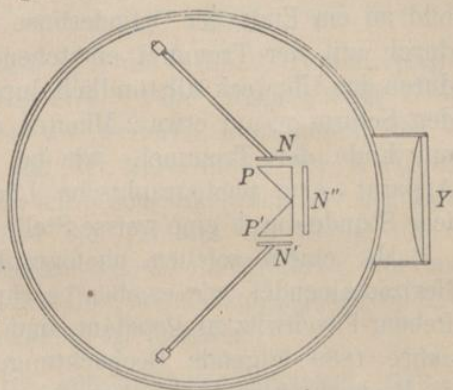


Fig. 6.

Mass hinaus verlassen haben; sie ist deshalb von aussen durch Schnecke und Schneckenrad zu bewerkstelligen. Dicht vor den Prismen, aber tiefer als diese, steht noch ein ebenfalls von aussen um zwei senkrecht zu einander stehende Achsen bewegbarer Planspiegel N'' .

Etwa 3 m vor dem Apparat ist eine Lampe Q (Benzinlämpchen) aufgestellt, welche durch einen feinen Spalt Licht auf den Pendelapparat wirft. Durch eine im Gehäuse des Apparats befindliche Linse Y von 3 cm Brennweite werden die einfallenden Lichtstrahlen, welche durch die Prismen $P P'$ und die Planspiegel $N N' N''$ reflektiert werden, auf einer Cylinderlinse Z zu drei reellen Bildern des Spaltes vereinigt. Hinter der Cylinderlinse Z befindet sich in deren Brennweite die mit photographischem Papier bespannte Trommel T, welche durch ein Uhrwerk in 24 Stunden einmal umgedreht wird. Auf der Papierfläche der Trommel vereinigen sich die drei Spaltbilder zu Lichtpunkten von genügender Inten-

sität, um auf dem photographischen Papier Kurven aufzuzeichnen, welche den Pendelschwankungen während 24 Stunden genau entsprechen.

Der Spiegel N'' wird so gestellt, dass er sein Spaltbild an ein Ende der Cylinderlinse wirft, und der hierdurch auf der Trommel entstehende Lichtpunkt wird durch das Uhrwerk allstündlich durch einen herabfallenden Schirm w auf etwa 2 Minuten abgeblendet, so dass am Ende der Trommel, wie bei dem Repsoldschen Apparat, eine photographische Linie entsteht, welche jede Stunde durch eine weisse Stelle unterbrochen wird.“

Mit einem solchen photographisch registrierenden Horizontalpendel, wie es oben beschrieben ist, hat E. von Rebeur-Paschwitz in Potsdam und Wilhelmshaven im Jahre 1889 folgende Beobachtungen angestellt. Über die Beobachtungslokale bemerkt derselbe, dass in Potsdam das Pendel in dem von einem Doppelgewölbe umgebenen Keller unter der Ostkuppel des Astrophysikalischen Observatoriums stand und dieser Raum wegen der ausserordentlich konstanten Temperatur in demselben — dieselbe schwankte in der Zeit vom Juni 18 bis Sept. 24 nur um $0,5^{\circ}$ C. — für die beabsichtigten Versuche vorzüglich sich eignete. Das Pendel zeigte nach Süden, in der Richtung des Meridians liegend, während die Hilfsapparate in dem Durchgang zu einem anstossenden Keller aufgestellt waren. Die Justierung und die Vermeidung fremder Einflüsse war mit der grössten Sorgfalt durchgeführt worden, so dass den erhaltenen Beobachtungen grosses Vertrauen geschenkt werden kann. Es ist noch anzuführen, dass die Ablesungen der erhaltenen Kurven durch Auflegen einer Glasskala geschahen, für welche $1^p = 5^{mm}$ ist, während die Übertragung der Linearveränderungen in Winkelmass durch Konstanten, welche sich aus der angewandten Schwingungsdauer T in Verbindung mit der in horizontaler

Lage der Achse bestimmten Schwingungsdauer T_0 und dem Walzenabstand d von den Spiegeln ergeben, nach der Formel

$$\Delta \varepsilon = \Delta y \frac{1}{\sin 1''} \cdot \frac{1}{2 d} \cdot \frac{T_0^2}{T^2}$$

erhalten wird, worin Δy die Ordinatenveränderung der Kurven in Millimeter und $\Delta \varepsilon$ die entsprechende Winkeländerung ist. Auf die weiteren Einzelheiten der Versuchsanordnung und der Berechnung der Werte muss ich hier verzichten; ich beschränke mich hier nur darauf, die Ergebnisse über den Einfluss der Sonne und des Mondes auf das Horizontalpendel anzuführen, um daraus einen Rückschluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen zu machen.

Bezüglich des periodischen Einflusses, den der Stand der Sonne auf das Pendel ausübt, bemerkt der Beobachter, dass gerade diese periodische Bewegung die erheblichste ist und den Charakter der aufgezeichneten Kurven ganz bestimmt. Im Mittel hat derselbe folgende trigonometrische Formeln erhalten, welche den Gang derselben genau darstellen (t ist auf den Mittl. Greenw. Mittag reducirt):

a) Wilhelmshaven.

$$+ 3.636 \cos (326^\circ. 9 + t) + 0.967 \cos (336^\circ. 8 + 2t) \\ (+ 1.''091) \qquad (+ 0.''270)$$

Maximum und Minimum dieser Kurve, d. h. die östliche und westliche Elongation des Pendels, treten um 2^h und 16^h ein. Dieselbe ähnelt sehr der Kurve für die Variation der magnetischen Deklination, deren Formel auf Mittl. Mittag bezogen lautet:

$$+ 3' . 51 \cos (322^\circ . 3 + t) + 2' . 59 \cos (312^\circ . 8 + 2t)$$

mit dem Unterschiede, dass das Pendel östlich steht, wenn die Magnetnadel die westliche Elongation erreicht.

b) Potsdam.

Die Formel lautet:

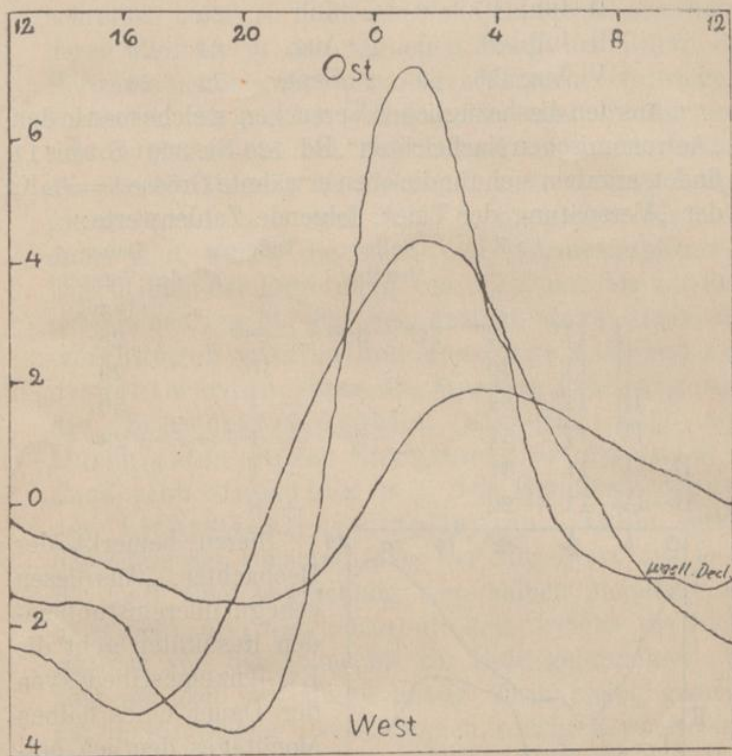
$$\begin{aligned}
 &+ 1.472 \cos (270^{\circ} . 7 + t) + 0.427 \cos (274^{\circ} . 2 + 2t) \\
 &+ 0.132 \cos (95^{\circ} . 7 + 3t) \\
 &\quad + 0'' . 216 \quad + 0'' . 075 \quad (+ 0'' . 23)
 \end{aligned}$$

und ihr Maximum und Minimum liegen bei $3\frac{1}{2}^h$ und 20^h .

Die Amplitude ist an beiden Orten stark veränderlich, in Wilhelmshaven bewegt sie sich zwischen $0'' . 44$ und $4'' . 32$, in Potsdam zwischen 0.14 und $1'' . 13$. Während sich für Potsdam feststellen lässt, dass die Amplitude um so grösser ist, je mehr die Differenz zwischen dem Maximum und Minimum der Tagestemperaturen beträgt, unabhängig von der mittleren Temperatur, ergibt sich für Wilhelmshaven ungeachtet der stärkeren Bewegung keine ähnliche Abhängigkeit. Die Kurven der täglichen Bewegung an beiden Orten und die Kurve der magnetischen Variation für Wilhelmshaven sind in nachfolgenden Figuren dargestellt.

Aus den vorstehenden Beobachtungen folgt, ganz abgesehen von der höchst bemerkenswerten Übereinstimmung mit der magnetischen Variation, dass der Einfluss der Sonne ein überwiegender ist und bei der Ermittlung des Einflusses des Mondes auf das Pendel eliminiert werden muss. Aus diesem Grunde hat von Rebeur-Paschwitz aus den diesbezüglichen Beobachtungen, welche nach der in Boergens Schrift „Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen“ gegebenen Methode fortlaufend in ein nach Mondstunden eingeteiltes Schema unter Berücksichtigung des Zurückbleibens der Mondzeit gegen die Sonnenzeit eingetragen wurden, gewisse Intervalle der Beobachtungen abgegrenzt, deren Länge die möglichst vollständige Eliminierung der vom Sonnenstande abhängigen periodischen Bewegung verbürgt. Freilich ist ihm dadurch gelungen, die Schwankungen und Abweichungen zu eliminieren, welche der tägliche

Gang der Sonne bedingt, aber keineswegs denjenigen Einfluss, welcher von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der das Pendel beeinflussenden Sonnenanziehung, wie



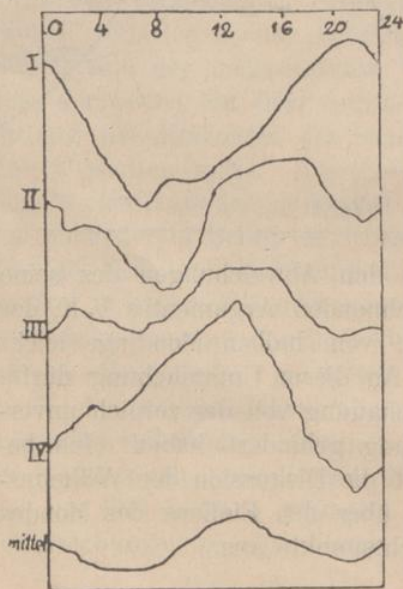
der Experimentator aus den Abweichungen des seine Beobachtungen kennzeichnenden Argumentes $\frac{1}{2} K$, der „Verspätung der Tide“, vom halben Mondtage leicht hätte ersehen können. An dieser Untersuchung dürfte ihn wohl die alte Anschauung von der zeitlich unvermittelten Massenanziehung gehindert haben. Ich beschränke mich hier auf die Diskussion der Wilhelms-havener Beobachtungen über den Einfluss des Mondes von diesem neuen Gesichtspunkte aus.

E. von Rebeur-Paschwitz wählte für Wilhelmshaven folgende Gruppen aus:

I	März	21	0 ^h	bis	April	18	23 ^h
II	Juni	27	0	„	Juli	25	23
III	Juli	26	0	„	Aug.	24	23
IV	Aug.	25	0	„	Sept.	22	23

Aus den diesbezüglichen Versuchen, welche man in den „Astronomischen Nachrichten“, Bd. 126 Nr. 3001 S. 9 bis 11 findet, ergaben sich für die oben erwähnte Grösse $t = \frac{1}{2}K$, der „Verspätung der Tide“, folgende Zahlenwerte:

	$\frac{1}{2} K$	Halber Mondtag	Differenz.	Dauer des Versuchs (Tage)
I	11 ^h 2 ^m	11 ^h 30 ^m	28 ^m	28
II	11 20		10	29
III	11 34		— 4	30
IV	11 31		— 1	29
II—IV	11 31		— 1	
II—IV	11 22		+ 8	



Hierzu bemerkt der Beobachter: „Aus diesen sehr gut übereinstimmenden Resultaten geht die Existenz eines Gliedes von der Dauer eines halben Mondtages deutlich hervor.“ Ich kann dieser Schlussfolgerung ganz streng nicht beistimmen, da die Abweichungen vom halben Mondtag in der obigen Tabelle dagegen sprechen; es ist vielmehr daraus zu schliessen, dass ein solches Glied, dessen

Existenz ja nicht zu leugnen ist, noch durch eine andere Kraft beeinflusst wird, welche die obigen Differenzen bedingt. Die nächstliegende Kraft, welcher man eine solche Wirkung zuschreiben kann, ist in diesem Falle die Sonnenanziehung, deren Einfluss ja den täglichen Gang der Kurve des Horizontalpendels nach den obigen Versuchen vorwiegend bestimmt. Es handelt sich hier also nunmehr nur noch um die Erklärung und Begründung dieser Einwirkung der Sonne. Da nun die Zahlen 1, 4, 8, 10, 28^m nahezu gleich 0, $\frac{1}{2}$, 1, 1, 3mal $8\frac{1}{4}$, d. h. gleich der Zeitdauer sind, welche die Licht- und Wärmestrahlen zum Durchlaufen der Entfernung von der Sonne bis zur Erde gebrauchen, so bin ich der Ansicht, dass diese Abweichungen vom halben Mondtage dadurch verursacht werden, dass die Massenanziehung oder die Schwerkraftstrahlen dieselbe Zeit zum Durchlaufen dieser Entfernung erfordern, d. h. dass sich dieselben mit der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen fortpflanzen. Dafür spricht besonders der Umstand, dass der Mittelwert aus I—IV für $\frac{1}{2}$ K eine Abweichung vom halben Mondtage um 8^m ergibt, also fast genau die Zeit, welche die Lichtstrahlen von der Sonne bis zur Erde gebrauchen. Sobald mir Zeit und Musse genug übrig bleibt, gedenke ich die sämtlichen Beobachtungen, welche E. von Rebeur-Paschwitz in der Zeit von 1889 bis 1893 mit dem Horizontalpendel angestellt hat, mit Rücksicht auf die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen umzurechnen. Zur Bestätigung meiner Ansicht würden allein schon die unten folgenden Darlegungen über die Wirkungsgesetze der Schwerkraftstrahlen ausreichen, selbst wenn es mir nicht gelungen wäre, noch auf anderem Wege die Geschwindigkeit derselben aus ganz sicheren Beobachtungsdaten zu ermitteln; ich meine die Bestimmung der Fortpflanzungs-

geschwindigkeit der allgemeinen Massenanziehung mit Hilfe des Dopplerschen Princip.

Bevor ich auf dies Problem näher eingehe, möchte ich kurz eine darauf bezügliche Prioritätsfrage erledigen. Mein alter Wissenschaftsfreund Th. Schwartze schreibt nämlich in seinem letzten, allen Freunden gediegener Naturforschung zu empfehlenden Werke „Grundgesetze der Molekularphysik“ (Leipzig, Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber 1896) auf Seite 16 mit Bezug auf das Dopplersche Princip: „Doppler stellte im Jahre 1842 das Princip auf, dass man einen Ton höher hört, als er an und für sich durch seine Schwingungszahl ist, wenn Tonquelle und Ohr sich einander nähern, dass aber dagegen der Ton tiefer gehört wird, als er ist, wenn Tonquelle und Ohr sich voneinander entfernen.“

Eine analoge Erscheinung ist von dem Astronomen Huggins bei Anwendung der Spektroskopie zur Untersuchung des Sternenlichtes entdeckt worden, wodurch es ermöglicht wird, die Bewegung von Sternen in der Richtung der Sehlinie zu messen. Es ist nämlich von dem genannten Forscher bemerkt worden, dass z. B. die Linie des Wasserstoffs, welche durch das Licht eines Sternes im Spektroskop sichtbar wird, eine geringe Verschiebung nach der einen oder anderen Seite erleidet, je nachdem der Stern sich der Erde nähert oder sich von der Erde entfernt, indem dadurch die Schwingungszahl des Lichts, welche gegen die betreffende Stelle des Spektrums wirkt, sich vermehrt oder vermindert. Die Theorie dieser Untersuchungsmethode ist durch Beobachtungen der Sonne bestätigt worden. Da die östliche Seite der Sonne infolge der Erdrotation sich der Erde etwas nähert, während die westliche Seite sich etwas von der Erde entfernt, so wird ein entsprechender Unterschied in den Spektren der beiden Sonnenseiten bemerkbar, und die Rechnung hat gezeigt, dass diese

Änderung einer Geschwindigkeit entspricht, welche mit der Rotationsgeschwindigkeit übereinstimmt.

Bezüglich der Schwerkraftswirkung, sowie der elektrischen und magnetischen Wirkung gilt dasselbe Gesetz, sobald andere Geschwindigkeiten, das heisst andere Kräfte mit in das Spiel eintreten.

Was insbesondere die Theorie der elektrischen Induktion anbelangt, so ist diese von Neumann auf das Lenzsche Gesetz und auf die von W. Weber erfahrungsmässig festgestellte Thatsache begründet worden, dass die Induktion der Geschwindigkeit direkt proportional ist, mit welcher sich der inducierende Draht der Induktionsspule nähert.

Bezüglich der Schwerkraftswirkung ist aber die Induktion um so schwächer, mit je grösserer Geschwindigkeit ein Massenelement sich vertikal aufwärts bewegt, denn bei einer Wurfgeschwindigkeit von etwa 11300 Meter würde das in dieser Richtung bewegte Massenelement überhaupt der Schwerkraftswirkung entzogen werden und nicht wieder zur Erde zurückkehren, so dass kein entgegengesetzter Induktionsstrom zustande kommt, lufttleeren Raum natürlich vorausgesetzt. Bei abwärts gehender Wurfgeschwindigkeit wird dagegen das Schwerkräftsfeld von der der Schwerkraftsentwicklung vorauseilenden Masse um so stärker induciert, denn die Schwerkraft muss dabei in der Zeiteinheit ihre Beschleunigung in einer um so längeren Kraftstrecke entwickeln, je grösser die Anfangsgeschwindigkeit des ihr vorauseilenden Massenelementes ist oder mit welcher das Massenelement sich dem Erdmittelpunkte nähert. **Je grössere Geschwindigkeit die Schwerkraft entwickelt, desto geringer ist ihr Druck d. h. ihre Beschleunigung.** Es gilt also das sogenannte

Dopplersche Princip bezüglich der Schwere in analoger Weise wie für die elektrische Wirkung.“

Die vorstehenden Auseinandersetzungen sind ja recht klar und sehr schön, dieselben besitzen aber leider den recht fatalen Fehler, dass Herr Schwartz zu erwähnen vergessen hat, dass die Anwendung des Dopplerschen Princip auf die elektrischen und magnetischen Erscheinungen und auf die Schwerkraftstrahlen von mir schon im Jahre 1892 in der „Neuzeit“ veröffentlicht worden und ihm selbst nicht nur diese Anwendung, sondern auch die dadurch gebotene Möglichkeit, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraft experimentell zu bestimmen oder zu berechnen, im Jahre 1893 in meiner Wohnung in der Steinmetzstrasse mitgeteilt und ihm dort 1894 sogar ein Exemplar meines Buches „Kraft und Masse“ überreicht worden ist, in dessen zweitem Teile meine diesbezüglichen Aufstellungen S. 13—16 und S. 33 klipp und klar auseinandergesetzt sind. Da ich zu der obigen Anzapfung schwieg, so ging Herr Schwartz noch einen Schritt weiter und benutzte das Dopplersche Princip nun auch noch zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraft. Dies ging mir etwas zu weit, und ich machte ihn darauf aufmerksam, dass er bezüglich der Anwendung des Dopplerschen Princip gegen mich nicht gerecht verfare, da diese Resultate von mir herrühren und er mich nicht erwähnt habe. Hierauf erklärte Herr Schwartz, dass er mich sicher erwähnt hätte und, wenn dies nicht der Fall wäre, so könne es nur durch ein Versehen wieder weggelassen sein. Ich glaube dies gern und hoffe, dass bei nächster Gelegenheit dies Versehen wieder gutgemacht werden wird. Übrigens hat mich dieser Fall gelehrt, in wissenschaftlichen Angelegenheiten mehr auf der Hut zu sein, da gerade bei den Gelehrten die Begriffe über „Mein“ und „Dein“

in den letzten Jahrzehnten mehr denn je ins Wanken geraten sind. Dies ist auch der Grund, weswegen ich die vorliegende Broschüre früher, als ich beabsichtigte, veröffentliche. Doch nunmehr wieder zur Sache.

Nach „Kraft und Masse“, Teil II. S. 33, gilt auch für die Schwerkraftstrahlen das Dopplersche Princip. Ist nun u die Summe der Bahn- und Rotationsgeschwindigkeit eines Planeten, u_1 die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne, so sind die relativen Geschwindigkeiten, welche die anziehenden Massen in den verschiedenen Phasen der Bewegung infolge der Richtungsänderungen gegeneinander haben

1. + und + : $u - u_1$
2. — „ — : $-(u - u_1)$
3. + „ — : $u + u_1$
4. — „ + : $-(u + u_1)$.

Während einer Sekunde wird also, wenn vom Planeten m , von der Sonne m_1 Schwerkraftstrahlen ausgesandt werden und diese im freien Äther mit der Geschwindigkeit $\pm c$ sich fortpflanzen, nach dem Dopplerschen Princip eine von der Sonne kommende Welle sich mit

$$m \left(1 + \frac{u - u_1}{2c} \right)$$

Wellen des Planeten und umgekehrt gleichzeitig eine solche des Planeten sich mit

$$m_1 \left(1 + \frac{u - u_1}{2c} \right)$$

Wellen der Sonne zusammensetzen, so dass bei der relativen Geschwindigkeit $+(u - u_1)$ infolge der Wechselseitigkeit der Massenanziehung oder -Strahlung die Gesamtzahl der einander zugesandten Wellen dem Produkte

$$m m_1 \left(1 + \frac{u - u_1}{2c} \right)^2$$

proportional ist.

Ganz entsprechend erhält man für die Gesamtzahl der Schwingungen bei der relativen Geschwindigkeit

$$-(u - u_1) : m m_1 \left(1 - \frac{u - u_1}{2c}\right)^2$$

$$u + u_1 : -m m_1 \left(1 + \frac{u + u_1}{2c}\right)^2$$

$$-(u + u_1) : -m m_1 \left(1 - \frac{u + u_1}{2c}\right)^2$$

Nach den Versuchen von Crookes ist aber die anziehende oder abstossende Wirkung der Ätherschwingungen der Zahl der ausgesandten Schwingungen direkt und wegen der Intensitätsabnahme dem Quadrate der Entfernung der ausstrahlenden Körper umgekehrt proportional und folglich erhält man für die mechanische Wirkung der Wellen in den angeführten vier Sonderfällen

$$1. \quad \frac{m m_1}{r^2} \left(1 + \frac{u - u_1}{2c}\right)^2,$$

$$2. \quad \frac{m m_1}{r^2} \left(1 - \frac{u - u_1}{2c}\right)^2,$$

$$3. \quad -\frac{m m_1}{r^2} \left(1 + \frac{u + u_1}{2c}\right)^2,$$

$$4. \quad -\frac{m m_1}{r^2} \left(1 - \frac{u + u_1}{2c}\right)^2.$$

Die algebraische Summe aller dieser vier Wechselwirkungen ist dann die Wirkung der Sonne und des Planeten aufeinander; diese Summe ist, wie man sich leicht durch Ausquadrierung und Addierung der gleichnamigen Glieder überzeugen kann, gleich

$$\frac{m m_1}{r^2} \cdot \left(-\frac{8 u u_1}{4 c^2}\right).$$

Nun ist aber die Zahl der Wellen, welche ein Körper ausstrahlt, oder sein Emissionsvermögen nach den weiter unten folgenden Beweisen der Körpermasse proportional; man kann also in vorstehender Formel für die Wellen-

zahlen m und m_1 ohne weiteres die Massenzahlen einsetzen. Dann ist also der gegenseitige Massenzug der Sonne und des Planeten aufeinander

$$G = - \frac{m m_1}{r^2} \cdot \frac{8 u u_1}{4 c^2} = - \frac{m m_1}{r^2} \cdot \frac{2 u u_1}{c^2},$$

folglich die auf die Masseneinheit des Planeten von der Sonne allein ausgeübte Massenanziehung, die Hälfte des wechselseitigen Druckes, oder richtiger der dadurch bedingten Beschleunigung,

$$\gamma = - \frac{1}{2} \frac{m_1}{r^2} \cdot \frac{2 u u_1}{c^2} = - \frac{m_1}{r^2} \cdot \frac{u u_1}{c^2}.$$

Nun ist aber, wenn v die Bahngeschwindigkeit des Planeten ist, nach der Huyghensschen Centripetal- oder Centrifugalformel

$$\gamma = \frac{v^2}{r};$$

also ist

$$\frac{v^2}{r} = - \frac{m_1}{r^2} \cdot \frac{u u_1}{c^2}$$

oder

$$c^2 = - \frac{m_1}{r} \cdot \frac{u u_1}{v^2};$$

es ist aber

$$r = \frac{v T}{2 \pi},$$

worin T die Umlaufszeit in Sekunden bedeutet, also

$$c^2 = - \frac{2 \pi m_1 u u_1}{T v^2}$$

oder mit Fortlassung des Vorzeichens, das nur die Kraft-richtung anzeigt,

$$c = \sqrt{2 \pi m_1 u_1} \cdot \sqrt{\frac{u}{T v^3}}.$$

In dieser Gleichung sind sämtliche Grössen auf der rechten Seite bekannt; es lässt sich

also mit Hilfe derselben die Geschwindigkeit c der Schwerkraftstrahlen ermitteln.

Es ist

$$\pi = 3,14159$$

$$m_1 = 1,64 \cdot 10^{24} \cdot 354592.$$

$$u_1 = 2028 \text{ m.}$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte von $u = v + v_1$, T und v für die Planeten zusammengestellt, so dass der Leser die von mir für c berechneten Werte nachrechnen kann.

Tabelle (cfr. Zenger, Meteorologie der Sonne).

Planet	$T \times 86400$ Sek.	v Meter	v_1 Meter	$u = v + v_1$ Meter
Merkur	87,2693	47327	1034	48361
Venus	224,7008	34630	454	35084
Erde	365,2564	29516	463	29979
Mars	686,9796	23863	244	24107
Jupiter	4332,5882	12924	12491	25415
Saturn	10759,2364	9584	10541	20125
Uranus	30688,3904	6730	3904	10634
Neptun	60181,1132	5390	3000?	8390

Aus der Formel

$$c = \sqrt{\frac{2 \pi m_1 u_1}{86400}} \cdot \sqrt{\frac{u}{T v^3}}$$

erhält man

$$\log c = \frac{1}{2} \left(\log 2 + \log \pi + \log m_1 + \log u_1 - \log 86400 \right) \\ + \frac{1}{2} \left(\log u - (\log T + 3 \log v) \right)$$

und durch Ausführung der numerischen Berechnung bei den einzelnen Planeten für c die folgenden Zahlenwerte in Metern pro Sekunde.

Planet	Geschwindigkeit c in m pro Sekunde
Merkur	667 000 000
Venus	566 000 000
Erde	522 000 000
Mars	469 000 000
Jupiter	481 000 000
Saturn	426 000 000
Uranus	311 000 000
Neptun	275 000 000
Mittel	464 000 000.

Der Mittelwert für die Planeten Erde, Mars, Jupiter Saturn, Uranus, für welche die Geschwindigkeit des Äquatorpunktes ziemlich sicher bestimmt ist, ist gleich 442 000 000 m, also nahezu gleich der Weberschen Konstante, welche gleich 450 000 000 m ist. Multipliziert man diesen Wert, wie die kinetische Gastheorie fordert und bei der Besprechung der Schwerkrafttheorie von Isenkrahe erwähnt ist, mit $\frac{2}{3}$, so erhält man 288 000 000 m, also einen der Lichtgeschwindigkeit sehr nahe kommenden Wert, während man aus dem Mittelwert sämtlicher Planeten 464 000 000 m durch Multiplikation mit $\frac{2}{3}$ den etwas grösseren Wert 310 000 000 m erhält. Die beiden so erhaltenen Zahlen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen stimmen so nahe mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Licht- und Wärmestrahlen überein, dass namentlich mit Rücksicht auf das Ergebniss der von v. Rebeur-Paschwitz mit dem Horizontalpendel angestellten Versuche kein Zweifel mehr bestehen kann, dass die Schwerkraftstrahlen sich mit einer Geschwindigkeit von der Ordnung derjenigen der Wärmestrahlen ausbreiten. Dies Resultat wird durch die nachfolgenden Untersuchungen, welche ich schon vor Jahren in „Kraft

und Masse“ Teil II veröffentlicht habe, nicht nur bestätigt, sondern dient selbst wechselseitig zum Beweise für die Berechtigung der darin aufgestellten Ansicht, dass die Massenanziehung nur eine besondere Wirkungsform der Ätherschwingungen der Wärme ist, dass gerade diese Naturkraft allen anderen Kräften als erste Ursache zu Grunde liegt und die letzteren eben nur, je nach der Beschaffenheit des widerstehenden Mediums, uns bald als Licht, Elektrizität und molekulare oder auch allgemeine Anziehung der Massen erscheint.

Sobald mir, um zum Schluss dieses Abschnittes dies noch kurz zu erwähnen, von Herrn Mechaniker Stückrath das oben beschriebene Horizontalpendel für Versuche zur Verfügung gestellt wird, gedenke ich direkte Beobachtungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen unter Zugrundelegung des Dopplerschen Principis anzustellen, also die soeben zur Ermittlung dieser Geschwindigkeit benutzten Wirkungen, welche die in Bewegung zu einander befindlichen Weltkörper unseres Sonnensystems aufeinander ausüben, in kleinerem Massstabe zu kopieren. Freilich werden in der Anordnung der Versuche aus praktischen Gründen einige Abänderungen getroffen werden müssen, auf welche ich seiner Zeit zurückkommen werde.

In erster Linie muss der nur qualitative Versuch, welchen W. Weber für die statische Elektrizität vorgeschlagen und erst Rowland angestellt hat, auch für die allgemeine Massenanziehung ausgeführt werden, d. h. man muss mit Hilfe des Horizontalpendels feststellen, ob eine bewegte Masse, am besten eine schwere schnell rotierende Kugel einen geringeren Ausschlag des Horizontalpendels hervorruft, als dies dieselbe Masse ruhend bewirkt. Erst dann ist zu genauen Messungen

und zur Berechnung der Geschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen nach dem Dopplerschen Princip überzugehen.

Die Wirkungsgesetze der Schwerkraftstrahlen.

Es steht die Thatsache unumstösslich fest, dass die Sonne in den Weltenraum nach allen Richtungen hin Licht- und Wärmestrahlen und nach den Spekulationen von W. Siemens und den neuesten Untersuchungen von Hertz und mir auch magnetische und elektrische Wellen entsendet. Dass ein Gleiches bei der Erde betreffs der Wärme, der Elektrizität und des Magnetismus stattfindet, steht ebenso sicher fest, wenn auch die von der Erde ausgesandten Wellenbewegungen quantitativ den von der Sonne ausgesandten ganz gewaltig nachstehen. Sowohl die von der Sonne als auch die von der Erde ausgehenden Strahlen müssen, wenn sie aus dem dichteren Medium, das die beiden Weltkörper unmittelbar umgiebt, heraus und in das dünnere Weltmedium, den Äther, eintreten, ebenso wie die Wellen, welche von dem einen Weltkörper kommend, in das dichtere Medium des anderen eindringen, den allgemeinen Bewegungsgesetzen der Ätherschwingungen folgen und dementsprechend in Raum- und Zeitelementen mechanisch wirksam werden. Nun fragt es sich, ob derartige Wellen, wie die Molekular- und Ätherschwingungen der Wärme, des Magnetismus, der Elektrizität und des Lichtes, sich unter bestimmten Umständen in Massen-

bewegung umsetzen können, ob diese Umstände bei der Sonne und der Erde vorhanden sind, ob die mechanische Kraftsumme, welche jene Wellen in ihrer Gesamtheit repräsentieren, wirklich der Richtung und der Grösse nach jener Kraft gleichwertig ist, welche die Erde um die Sonne herum bewegt und in ihrer thatsächlichen Bahn um die Sonne erhält; ob ferner die räumliche Bethätigungsweise jener Äther-, bezüglich Molekular-Schwingungen demselben Gesetze gehorcht, wie die von Newton als Auskunftsmittel angenommene Attraktionskraft.

Das Newtonsche Gesetz der allgemeinen Massenanziehung lautet:

„Alle Teile der Materie ziehen einander an mit einer Kraft, welche den anziehenden Massen direkt, den Quadraten der Entfernungen aber umgekehrt proportional ist.“

Die Abnahme der Intensität der Anziehung im umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung ist, wie aus dem Mayer-Dühringschen Gesetz über die funktionelle Beziehung einer Kraft zu ihrer räumlichen Wirkungsgelegenheit mit Notwendigkeit folgt, eine unmittelbare Folge davon, dass die Anziehungskraft sich ebenso wie die Licht- und Wärmequellen nach allen Richtungen des Raumes fortpflanzt. Auch die Intensität der Licht- und Wärmequellen, welche von der Sonne ausgehen, nimmt daher, weil sich dieselben kugel- oder besser strahlenförmig nach allen Richtungen hin ausbreiten, ebenfalls mit wachsender Entfernung von der Sonne ab und zwar gleichfalls im umgekehrten Verhältnis des Quadrates der Entfernung. Setzt sich Molekularbewegung in Massenbewegung um, so ist die Beschleunigung, welche der Masse durch jene Molekularbewegung erteilt wird, der Intensität der wirksamen Molekularbewegung direkt proportional. Es muss also,

wenn die von der Sonne ausgehende Wellenbewegung sich in bestimmter Entfernung von der Sonne in Massenbewegung umsetzt, die resultierende Massenbeschleunigung dem Quadrate der Entfernung von der Sonne umgekehrt proportional sein, weil eben die Intensität jener Wellenbewegung im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung von der Sonne abnimmt und die durch selbige mögliche Massenbeschleunigung jener Intensität direkt proportional ist.

Nun sind aber sämtliche Naturphänomene nach meiner bereits früher veröffentlichten Anschauung nur verschiedene Wirkungsformen der absorbierten und wieder emittierten Ätherschwingungen. Soll dies auch bei der Gravitation der Fall sein, so muss das Emissions- oder Absorptionsvermögen der Weltkörper für die Wärme, welche ich als die Hauptursache der Massenanziehung ansehe, den Massen derselben direkt proportional sein, da ja von jedem einzelnen Massenteilchen Wellen ausgesandt werden. Diese Anschauung ist mechanisch und theoretisch vollkommen berechtigt, weil sich nach dem Huyghensschen Princip über die Coexistenz der Schwingungen die verschiedenen Wellen bei ihrer Ausbreitung nicht hindern. Allein in diesem Falle ist die *conditio sine qua non* natürlich, dass nun thatsächlich auch die Massen der Weltkörper ihrem Emissionsvermögen für die Wärme direkt proportional sind. Dies ist in der That der Fall, wie sich in ganz einfacher Weise konstatieren lässt. Die Massen der Weltkörper unseres Sonnensystems sind uns genau bekannt; ebenso kennen wir auch die Temperatur einzelner derselben ziemlich genau. Nun wird aber nach den experimentellen Untersuchungen von Rosetti das Wärmeemissionsvermögen eines Körpers, dessen absolute Temperatur T ist, durch folgende Formel dargestellt, in welcher

a und b Konstanten sind und D die absolute Temperatur des umgebenden Mediums ist,

$$y = a T^2 (T-D) - b (T-D).$$

Für die Ausstrahlung in den luftleeren Weltraum wird $b = 0$, also ist dann das Emissionsvermögen

$$y = a T^2 (T-D),$$

wenn darin D die absolute Temperatur des Weltraums bedeutet.

Bezüglich der theoretischen Begründung dieser aus zahlreichen Beobachtungen abgeleiteten Formel muss ich auf mein ausführlicheres Buch „Kraft und Masse“ Teil I S. 9 bis 15 verweisen, da ein näheres Eingehen hierauf an dieser Stelle zu weit von dem Thema abführen würde. Bezeichnet man nun die Massen verschiedener Weltkörper mit $M_1, M_2, \dots$ und die absoluten Temperaturen derselben an der Oberfläche mit $T_1, T_2, \dots$, so muss sich, wenn die Wärme wirklich die Ursache der Massenanziehung ist, demnach auch

$$M_1 : M_2 = T_1^2 (T_1 - D) : T_2^2 (T_2 - D)$$

verhalten. Setzt man die absolute Temperatur der Erde gleich 300°C . und die absolute Temperatur des Weltraumes entsprechend den neuesten Annahmen gleich 173°C ., bezüglich gleich 213°C ., so erhält man mittelst der aufgestellten Formel für die Temperaturen der Planeten und der Sonne im ersten Falle folgende mit den anderweitig gefundenen Werten übereinstimmende Zahlenwerte: Erde 300° , Mond 175° , Merkur 206° , Mars 200° , Venus 290° , Jupiter 1550° , Saturn 1100° , Uranus 620° , Neptun 630° , Sonne $17\,000^\circ$, im zweiten Falle dagegen die für die grösseren Planeten wenig abweichenden Zahlenwerte: Erde 300° , Mond 216° , Merkur 217° , Mars 228° , Venus 297° , Jupiter 1500° , Saturn 1100° , Uranus 600° , Neptun 600° , Sonne $17\,000^\circ$. Bei den höher temperierten Planeten, für welche D im Verhältnis zu T sehr klein ist und unberücksichtigt bleiben kann, gilt

die ziemlich genaue Näherungsregel: $M : M_1 = T^3 : T_1^3$, d. h. die Massen der Weltkörper verhalten sich annähernd wie die dritten Potenzen ihrer absoluten Temperaturen.

Wir sind daher zu dem Schlusse berechtigt, dass aus der Annahme, die Wärme verursache die gegenseitige Anziehung der Weltkörper, der zweite Teil des Newtonschen Gesetzes, d. h. die den Massen direkt proportionale Wirkung, ohne weiteres folgt. Die räumliche Bethätigungsweise jener Kraft, in welche die von der Sonne und den Planeten ausgehenden Wellen unter Umständen sich umsetzen können, gehorcht also genau demselben Gesetze, wie die Anziehungskraft, auf die Newton die Erklärung des Universums gründete. Hierin liegt auch der innere Grund für die Berechtigung, den Ausdruck „Schwerkraftstrahlen“ anwenden zu dürfen.

Nun ergibt sich aus meiner Behandlung des Gravitationsproblems im ersten Teile von „Kraft und Masse“, sowie auch aus der Berechnung der Molekülgrösse gleicher Gewichtsmengen nach den Angaben, welche E. und U. Dühring in der zweiten Folge der Grundgesetze auf Seite 93 bis 95 gemacht haben, mit zweifelloser Sicherheit, dass die Volumina der Moleküle gleich schwerer Substanzen nicht einander gleich, sondern ihren spezifischen Gewichten umgekehrt proportional sind, d. h., dass das archimedische Princip auch Gültigkeit für den Äther hat, wie ja nach den allgemeinen Grundgesetzen über das Wesen der Materie nicht anders zu erwarten ist. Soeben habe ich gezeigt, dass bei verschiedenen Temperaturen die Massen der Stoffe ihrem Emissionsvermögen direkt proportional sind, d. h. dass

$$M_1 : M_2 = T_1^2 (T_1 - D) : T_2^2 (T_2 - D)$$

ist; nun verhalten sich aber nach der soeben erwähnten

theoretischen Begründung der Rosettischen Formel die Emissionsvermögen zu einander wie

$$T_1^2 (T_1 - D) : T_2^2 (T_2 - D) = \frac{T_1 (T_1 - D)}{n_1^2 - 1} : \frac{T_2 (T_2 - D)}{n_2^2 - 1};$$

bei gleicher Temperatur verhalten sich also die Massen

$$M_1 : M_2 = \frac{T (T - D)}{n_1^2 - 1} : \frac{T (T - D)}{n_2^2 - 1} = \frac{1}{n_1^2 - 1} : \frac{1}{n_2^2 - 1};$$

d. h. umgekehrt wie die brechenden Kräfte. Nach Seite 17 des ersten Bandes von „Kraft und Masse“ sind jedoch die brechenden Kräfte dem Molekylvolumen direkt proportional, d. h. es verhält sich $n_1^2 - 1 : n_2^2 - 1 = x_1 : x_2$, folglich auch $M_1 : M_2 = x_2 : x_1$, d. h. die Massen oder die Gewichte sind der Molekülgrösse umgekehrt proportional. Mit andern Worten heisst dies, dass bei gleichem Gewichte die Raumgrössen der Moleküle den specifischen Gewichten umgekehrt proportional sind.

Vorausgesetzt ist natürlich in diesen Fällen, dass auch der Druck, welchen die Moleküle der verschiedenen Substanzen erleiden, stets derselbe ist, und zwar ist hierbei an den Gesamtdruck gedacht, der sich aus dem äusseren Atmosphärendruck und der inneren Kohäsion der Moleküle zusammensetzt. Man kann daher die vorstehende Beziehung in präziser Form folgendermassen aussprechen: „Die Molekylvolumina sind bei gleichem Gewicht und Gesamtdruck und gleicher Temperatur den specifischen Gewichten umgekehrt proportional.“ In der That ist dies der Fall, wie schon aus den wenigen Beweisdaten in Dührings zweiter Folge S. 93 bis 95 folgt.

Danach ist das Zwischenvolumen des Quecksilbers gleich 0,0451 oder ungefähr $\frac{1}{22}$ des ganzen Volumens. Da letzteres 0,0735 ccm pro Gramm beträgt, so ist das

Zwischenvolumen eines Grammes Quecksilber $\frac{0,0735}{22} =$

0,00332 ccm. Zieht man das Zwischenvolumen 0,00332 ccm von dem ganzen Volumen 0,0735 ccm ab, so erhält man für den Wert des einem Gramm Quecksilber entsprechenden Molekülvolumens 0,07018 ccm. Bei 16 827 Atmosphären Druck ist das Zwischenvolumen eines Grammes Wasserstoff 0,6675 ccm, bei 11 025 Atmosphären Druck 1,08746 ccm, während das Gesamtvolumen nach Amagat bei 4000 Atmosphären gleich 8,3 ccm ist. Nach dem Zwischenvolumengesetz findet man dadurch aus den Proportionen

$$0,6675 : 8,3 - X = 4000 : 16\,000$$

$$\text{und } 0,7375 : 8,3 - X = 4000 : 11\,000$$

für X die Werte 5,63, bezüglich 6,3 ccm. Das Molekülvolumen des Kupfers für 1 g Gewicht erhält man, indem man von dem ganzen Volumen 0,1126 ccm das Zwischenvolumen 0,001582 ccm subtrahiert, gleich 0,111098 ccm. Nach dem oben aufgestellten Gesetz muss sich verhalten:

$$\frac{5,63}{0,07} = \frac{13,5}{0,12} \text{ oder } 80 = 113$$

$$\frac{6,3}{0,07} = \frac{13,5}{0,12} \text{ oder } 90 = 113$$

$$\frac{0,1111}{0,07} = \frac{13,59}{8,88} \text{ oder } 1,58 = 1,53 \text{ sein.}$$

Der für die Berechnung des Molekülvolumens beim Wasserstoff benutzte Beobachtungswert 8,3 ist von Amagat nur geschätzt worden, kann also nur annähernd richtig sein, wie ja auch aus der Verifikation der vorstehenden Proportionen sich erschen lässt.

Aus den angeführten Beobachtungen kann man schon jetzt mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass der oben erwähnte Satz von Huyghens über die Beziehung des Molekülvolumens zum Gewichte nicht richtig ist, dass vielmehr Huyghens das Gewicht nicht der Molekülgrösse direkt, sondern umgekehrt proportional hätte setzen müssen. Auch vom mechanischen Standpunkte aus führt die Ätherstosstheorie auf diese Schlussfolgerung, denn nicht das von den Molekülen eingenommene Volumen, sondern im Gegenteil der zwischen ihnen befindliche Raum ist infolge der Starrheit der Moleküle die Wirkungssphäre der Atomstösse, so dass also bei wachsender Molekülgrösse wegen der dadurch bedingten grösseren Poren eine grössere Zahl von Atomen ungehindert hindurchsauen kann, während bei kleinerer Molekülgrösse wegen der innigeren Aneinanderlagerung der Partikelchen auch die Zwischenräume kleiner werden und demnach auch eine grössere Zahl von Stössen auf die Gesamtheit der Moleküle trifft, d. h. je grösser das Molekülvolumen ist, um so geringer ist der Ätherdruck und umgekehrt. Dies ist aber mit dem von mir oben angeführten Satze identisch. Es gilt demnach auch für die elastisch-flüssige Äthermaterie das archimedische Princip.

Gehen wir nun auf die Ursache der Gravitation ein, so dürfte, wenn auch die räumliche Bethätigungsweise der Wellenbewegung, die als Ursache der Gravitation von mir angesehen wird, mit der räumlichen Wirkungsweise der Gravitationskraft übereinstimmt, es sich dennoch sehr fragen, möchte ein kritischer Leser einwenden, ob denn auch wirklich jene Wellenbewegung in Massenbewegung umsetzbar ist. Diese Frage ist bereits durch Thatsachen sowie durch recht sinnreiche und interessante Versuche und Experimente dahin entschieden worden, dass bei allen jenen Wellenbewegungen

dies möglich ist. Ich brauche hier nur an das elektrische Spitzenrad, an die durch magnetische und elektrische Maschinen bewirkten Massenbewegungen zu erinnern, ohne noch besonders Bezug nehmen zu müssen auf die mechanische Kraftwirkung des Erdmagnetismus selbst, auf die lebendigen Kraftäusserungen und Bewegungen, welche die Sonnenwärme auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre hervorbringt. Im Grunde genommen ist ja bei allen unseren Kraftmaschinen, also nicht nur bei den Wind- und Wassermühlen, die Sonnenwärme das *primum movens*, was im Anschluss an die mechanische Wärmetheorie eine so allgemein bekannte Wahrheit geworden ist, dass ein näheres Eingehen darauf nicht erforderlich sein dürfte.

Von hoher Bedeutung für das vorliegende Thema ist jedoch jene Umsetzung der strahlenden Wärme in mechanischen Effekt, welche von Crookes seit dem Jahre 1874 genau studiert und von mir in „Kraft und Masse“ Teil I. Kap. I ausführlich besprochen ist.

Wie aus der Einrichtung der daselbst beschriebenen Radiometer-Apparate leicht zu erkennen ist, ist das principiell Wichtige daran der Umstand, dass die Wärmestrahlen, nachdem sie durch die äussere Glashülle in den die Aluminiumblättchen umgebenden luftverdünnten Raum eingetreten sind, die bedeutend dichteren Aluminiumblättchen treffen, dieselben erwärmen und, weil diese Blättchen auf der einen Seite metallisch glänzend, auf der anderen Seite aber mit Russ geschwärzt sind, fast nur von den schwarzen Flächen aus durch den luftverdünnten Raum hindurch wieder ausgestrahlt werden. Der Rückstoss der in dieser Weise ausgestrahlten Wärmestrahlen muss also, da auf der entgegengesetzten Seite eine bedeutend geringere Kraft wirksam ist, die schwarzen Flächen in ganz ähnlicher Weise zurückweichen lassen, wie beim Segnerschen Wasserrade die

Ausflussröhrchen durch den ausfliessenden Wasserstrahl in ihm entgegengesetzten Sinne in Rotation versetzt werden. Würde das die Aluminiumblättchen umgebende Medium, die verdünnte Luft, der Ausbreitung der Wärmestrahlen nicht so geringen Widerstand entgegensetzen, so würde die Lichtmühle kaum zu funktionieren vermögen, selbst wenn man von dem Umstande absehen wollte, dass ein dichteres Medium wegen des vergrösserten Widerstandes die Bewegung der Blättchen an und für sich schon stärker hemmen würde. Dem eben beschriebenen und erläuterten Crookes'schen Radiometer



(cfr. nebenstehende Figur) dürften gerade in den principiell wichtigsten Punkten die Weltkörper gleichen; denn sämtliche Weltkörper bestehen aus einem dichteren Kern mit einer mehr oder weniger ausgedehnten Lufthülle, welche den festen Kern von dem äusserst dünnen Weltmedium, dem Äther, scheidet. Die dem Centrankörper unseres Planetensystems zugewandten Seiten der Planeten werden durch die Strahlen der Sonne erwärmt, während die abgewandten Seiten die empfangene Wärme vorzugsweise wieder ausstrahlen. Man kann also, so unwahrscheinlich und überraschend es auch im ersten Moment klingen mag, nicht ohne triftigen Grund behaupten, dass unsere Erde dem Princip nach ein Radiometer oder, wenn man lieber will, eine Lichtmühle sei, welche von der alles belebenden und bewegenden Sonne mit rapider Geschwindigkeit getrieben wird. Indessen ein leicht in die Augen fallender Unterschied dürfte, abgesehen von quantitativen Differenzen, zwischen der kleinen irdischen und der gewaltigen kosmischen Lichtmühle doch bestehen, auf den an dieser Stelle wenigstens hingewiesen werden muss. Bei der letzteren befindet

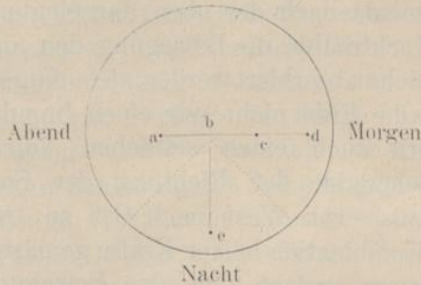
sich nämlich die Kraftquelle in der Drehungsachse und zwar genauer im Umdrehungsmittelpunkt, wenn man die Bahn der Erde um die Sonne als kreisförmig ansieht, bei der ersteren dagegen liegt die Kraftquelle nicht in der Drehungsachse und fällt auch nicht mit dem Drehungscentrum zusammen. Sieht man also die Erde als ein grosses Radiometer an, dessen der Sonne zugewandte Seite von den Sonnenstrahlen getroffen wird und, so zu sagen, die Stelle der metallisch glänzenden Seiten der Aluminiumblättchen eines Crookes'schen Radiometers vertritt, so ergibt sich nach obiger Darlegung aus rein mechanischen Grundsätzen, dass die Erde infolge der Wellenstrahlen, welche sie von der Sonne aus getroffen haben, zur Sonne hingetrieben oder, um mich nach der Auffassungsweise Newtons auszudrücken, von der Sonne angezogen wird. Damit ist also die Möglichkeit nachgewiesen, die allgemeine Massenanziehung aus rein mechanischen Principien durch stofflich vermittelte Kraftübertragung von Molekül zu Molekül als notwendig ableiten zu können, ohne seine Zuflucht zu der absurden Annahme einer unvermittelten Fernwirkung der Massen aufeinander nehmen zu müssen.

Allein die Gravitationserscheinungen lassen sich nicht durch die blosse Attraktion erklären; denn unter dem alleinigen Einfluss der Attraktion müssten die Weltkörper mit stetig wachsender Geschwindigkeit aufeinander oder vielmehr insgesamt in den gemeinsamen Centrkörper stürzen, um, in Atome zerstäubt, wieder in das Weltall hinauszuströmen; dieselben könnten also nicht, wie dies in der That geschieht, in unveränderlichen Bahnen um den Centrkörper kreisen. Eine solche Bewegung um die Sonne können aber die Planeten nur dadurch erhalten, dass auf sie, ausser der Centrkraft, noch eine derselben gleichwertige Tangential- oder Seitenkraft einwirkt. Die Thatsache, dass eine solche Tangential-

kraft wirklich existiert, kann nicht bestritten werden; aber die gesetzliche Ursache, den mechanischen Grund aufzudecken, aus welchem dieselbe sich ergibt, dies ist weder Newton noch Laplace gelungen, von Kants Spekulationen auf diesem Gebiete ganz und gar zu schweigen. Eine Kritik aller diesbezüglichen verfehlten Versuche zu geben, ist hier nicht der Ort; ich will daher nur darauf hinweisen, dass man näheres hierüber in Aragos populärer Astronomie findet. Die Entdeckung der Saturnringe und die Thatsache, dass die Weltkörper fast ohne Ausnahme an den Polen abgeplattete Rotations-sphäroide sind, führte zu der Annahme, dass die Planeten von dem Centralkörper in ähnlicher Weise, wie dies bei den Plateauschen Gleichgewichtsfiguren sichtbar gemacht werden kann, durch die überhandnehmende Centrifugalkraft in tangentialer Richtung fortgeschleudert und unter Mitwirkung der Anziehungskraft in kreis-ähnlichen Bahnen um den Centralkörper zu kreisen gezwungen worden seien. Wäre eine solche Ansicht richtig, so müsste beispielsweise die Erde, da die Sonne um ihre eigene Achse von Osten nach Westen rotiert, um die Sonne in der Richtung von Osten nach Westen herumlaufen; in Wahrheit läuft die Erde aber um die Sonne in der Richtung von Westen nach Osten, also der Richtung der Rotationsbewegung der Sonne gerade entgegengesetzt. Ganz dasselbe gilt von den Nebenplaneten oder den Monden in Bezug auf ihren Hauptplaneten. Und doch dürfte die Rotation unseres mächtigen Centralkörpers nicht ohne wesentlichen Einfluss auf die Richtung sein, in welcher die Planeten denselben zu umkreisen gezwungen sind. Die Wellen, welche von der Sonnenkugel ausgehen, breiten sich strahlenförmig und zwar in geraden Linien aus; aber sollten dieselben wegen der Rotation der Sonne nicht gleichzeitig auch noch eine tangentialle Bewegung erhalten? Die Möglichkeit hier-

von ist sicherlich nicht ohne weiteres ausgeschlossen; im Gegenteil dürfte meiner Ansicht nach dies wahrscheinlich dem wirklichen Sachverhalte ganz genau entsprechen. Dann müssen aber auch die von der Sonne zur Erde gelangenden Strahlen die Erde nicht nur in vertikaler, sondern auch in seitlicher Richtung treffen, so dass also, da nach der oben dargelegten Wirkungsweise der Lichtmühle die Bewegung den ankommenden Wellen, welche absorbiert werden, stets entgegengerichtet sein muss, die Erde nicht nur einen Impuls zur Sonne hin, sondern auch einen seitlichen Antrieb erhalten muss, welcher sie der Richtung der Sonnenrotation entgegen, also von West nach Ost zu treiben sucht. Durch die Kombination beider Kräfte gemäss dem Kräfteparallelogramm ergibt sich eine Bewegung der Erde um die Sonne, welche der Art nach der thatsächlichen beobachteten Bewegung genau entspricht. Die eben gegebene Erklärung der Tangentialgeschwindigkeit zeichnet sich besonders dadurch aus, dass aus ihr ohne weiteres die Gleichwertigkeit der Tangentialkraft mit der Attraktionskraft folgt. Die Molekularbewegung, welche von der Sonne aus zur Erde gelangt und sich dort in Massenbewegung umsetzt, muss sich eben bei diesem Vorgange, weil sie theils in schiefer, theils in vertikaler Richtung zur Erde kommt, in zwei solche Komponenten zerlegen, dass die eine derselben sie zur Sonne hinzutreiben, die andere sie in seitlicher Richtung von der Sonne zu entfernen strebt. In erster Linie bewirkt also der mechanische Kraftwert, den die Sonne in der Form von Molekularschwingungen den Planeten schickt, dass die einzelnen Planeten ihre Bahnen um dieselbe unabänderlich verfolgen. Auf ebenso ungezwungene und mechanisch nicht weniger verständliche Weise lässt sich die tangentialle Bewegung der Erde durch die Verschiedenheit der Emission des Abends im Vergleich

zu derjenigen in den Morgenstunden erklären, in welchen die Oberflächentemperatur bereits bedeutend gesunken ist. Ein Bild von der Richtung und Grösse der einzelnen Kraftkomponenten, welche die Strahlung in den Abend-, Nacht- und Morgen-



stunden bedingt, dürfte das obenstehende Schema liefern, in welchem die drei Komponenten im Erdmittelpunkt angreifend gedacht sind. Die von der Abendstrahlung herrührende Komponente bd ist grösser als die von der Morgenstrahlung herrührende ba , so dass sich der Unterschied beider $bd - ba = cd$ mit der Nachtkomponente be nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammensetzt. Da mir jedoch keine genauen Zahlenangaben in dieser Frage zur Verfügung stehen, so muss ich auf ein näheres Eingehen darauf vorläufig verzichten.

Dass die genannten Wellenbewegungen, namentlich die Wärme, der Magnetismus und die Elektrizität, nur dadurch sich in Massenbewegung umsetzen können, dass sie den einzelnen Molekülen der Gesamtmasse eine bestimmte Bewegungsrichtung erteilen, und dass dadurch, dass sich alle diese Teilbewegungen der Moleküle kombinieren, die sichtbare und durch Beobachtung zu messende Massenbewegung hervorgebracht wird, ist ansich klar; indessen näher auf die Gesetze einzugehen, nach

denen dies geschieht, passt als der Molekularphysik speciell angehörig nicht hierher.

Aber gleichwohl muss ich, wenn der gemachte Versuch, das Gravitationsproblem rein mechanisch zu lösen, nicht blosse Spekulation bleiben, sondern realen wissenschaftlichen Wert gewinnen soll, schon jetzt auf Grund der Beobachtungen und Experimente nachweisen, dass die Kraftgrösse der Wellenbewegung, welche von Weltkörper zu Weltkörper strömt, wenigstens annähernd so gross sein muss, dass sie im stande ist, die gleichen mechanischen Effekte hervorzubringen wie die Attraktionskraft, dass sie also nicht nur qualitativ mit derselben übereinstimmt, sondern auch quantitativ mit derselben identisch ist.

Wie bereits erwähnt wurde, ist es noch nicht möglich, eine zahlenmässig entscheidende Antwort auf die Frage nach der Grösse des Effektes sämtlicher von der Sonne ausgestrahlten Wellenbewegungen zu geben, weil die nötigen Beobachtungen noch nicht in wünschenswerter Vollständigkeit vorhanden oder überhaupt nicht ausführbar sind. Dass aber in der That zwischen diesem Effekt und der Attraktion eine annähernde Grössenübereinstimmung besteht, glaube ich durch folgende Schlussfolgerung ziemlich sicher beweisen zu können.

Über den mechanischen Kraftwert wenigstens einer Strahlengattung, die die Sonne aussendet, nämlich über die Kraftgrösse der Wärmestrahlen, welche die Erdoberfläche treffen, gestatten die Beobachtungen von Pouillet und O. Hagen einen sicheren Schluss zu machen. In Bezug auf diese Versuche bemerkt Jochmann im § 239 seines Grundrisses der Experimentalphysik: „Aus Beobachtungen über die Wärmestrahlung bei verschiedener Höhe der Sonne über den Horizont schloss Pouillet, dass durch Absorption in der Atmosphäre bei

heiterem Himmel im Durchschnitt etwa 40 pCt. der Sonnenwärme verloren gehen oder nur 60 pCt. zur Erdoberfläche gelangen. Die in 1 Minute auf 1 Quadratcentimeter der Erdoberfläche gestrahlte Wärmemenge vermag, im Mittel aus den Versuchen von Pouillet und von O. Hagen, bei senkrechter Incidenz 1 Gramm Wasser um etwa $1,76^{\circ}$ C. zu erwärmen. Es folgt daraus, dass die jährlich von der Sonne zur Erdoberfläche gelangende Wärmemenge eine die ganze Erdoberfläche gleichmässig bedeckende Eisschicht von 30 Meter Dicke oder eine Eismasse von mehr als 15 Trillionen Kilogramm zu schmelzen vermöchte, wozu 1200 Trillionen Wärmeeinheiten erforderlich sind. Da von der ganzen, von der Sonne nach dem Weltraum ausgestrahlten Wärmemenge nur der 2160millionste Teil zur Erde gelangt, so beträgt der jährliche Wärmeverlust der Sonne 2,6 Quintillionen Wärmeeinheiten.“ Nach vorstehenden Angaben gelangt also in einem Jahre eine Wärmemenge von 1200 Trillionen Wärmeeinheiten — unter einer Wärmeeinheit versteht man diejenige Wärmemenge, welche ein Kilogramm Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen vermag — von der Sonne zur Erde, in einer Sekunde also, da ein

Jahr aus 31 548 140 Sekunden besteht, $\frac{1200}{31\,585\,140}$ oder

rund $\frac{1200}{32\,000\,000}$ Trillionen Wärmeeinheiten. Da nun

nach dem berühmten Grundgesetze der mechanischen Wärmetheorie, welche unser grosser und genialer Landsmann Robert Mayer im Jahre 1842 auffand, eine Wärmeeinheit = 425 Kilogramm-Meter ist, so ist der mechanische Kraftwert der in einer Sekunde von der Sonne zur Erdoberfläche gestrahlten Wärme =

$$\frac{1200 \cdot 425}{32\,000\,000} = 0,0159375 \text{ Tril-}$$

lionen Kilogramm-Meter. Nun werden aber nach Langley's Untersuchungen in der Atmosphäre der Erde 60 pCt.

der Sonnenwärme absorbiert. Fügt man deren mechanischen Kraftwert, nämlich 0,010 Trillionen Kilogramm-Meter, zu dem vorigen Resultat hinzu, so erhält man für den mechanischen Kraftwert der gesamten zur Erde gesandten Wärme

$$= 0,016 + 0,010 = 0,026 \text{ Trillionen Kilogramm-Meter.}$$

Die Anziehungskraft, welche die Sonne nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz auf die Erde ausüben muss, um dieselbe in ihrer Bahn zu erhalten, findet

$$\text{man aus der Formel } K = P j = P \cdot \frac{4 \pi^2 r}{T^2} \text{ Kilogramm-}$$

Meter, in welcher der mittlere Erdbahnradius $r = 150\,000\,000$ Meter, die Umlaufszeit der Erde um die Sonne $T = 365$ Tage 6 Stunden 9 Minuten $= 31\,558\,140$

$$\text{Sekunden und das Gewicht der Erde } P = \frac{4}{3} R^3 \pi \cdot d.$$

Kilogramm, $P = 16,295$ Quadrillionen Kilogramm ist. Setzt man diese Zahlenwerte in die Formel für K ein, so erhält man $K = 0,0059735 \cdot 16,295$, also rund $= 0,006 \cdot 16,3$ Quadrillionen Kilogramm-Meter; $K = 97\,800$ Trillionen Kilogramm-Meter ist also der mechanische Effekt der von der Sonne auf die Erde in einer Sekunde ausgeübten Anziehungskraft. Nach den Beobachtungen beträgt der mechanische Kraftwert der von der Sonne in einer Sekunde zur festen Erdoberfläche gesandten Wärme 0,026 Trillionen Kilogramm-Meter, also nur ein wenig mehr als ein Viertelmillionstel des Effektes der Attraktionskraft. Nimmt man nun aber darauf Rücksicht, dass die Erdatmosphäre bedeutend höher ist, als bisher angenommen wurde, ja dass die Erdsphäre bereits dort beginnt, wo die Erdanziehung über die Anziehungskraft der Sonne das Übergewicht bekommt, und zieht man ferner den mechanischen Kraftwert mit in Rechnung, den die von der Sonne ausströmenden magnetischen und elektrischen Wellen repräsentieren,

so muss man zugeben, dass der durch Rechnung gefundene mechanische Kraftwert der zur Erde gelangenden Wellen bedeutend zu klein ist, und dass man mit Berücksichtigung dieser Umstände aller Wahrscheinlichkeit nach für die Wellenbewegung, welche die Sonne zur Erde sendet, eine mechanische Kraftgrösse erhalten wird, welche mehr als doppelt so gross ist, wie die von der Sonne ausgeübte Attraktionskraft. Wenn dies wirklich der Fall ist, so muss der mechanische Kraftwert der ganzen von der Sonne in einer Sekunde ausgestrahlten Wärme mindestens dem doppelten mechanischen Effekt gleich sein, dem die von der Sonne auf alle Planeten ausgeübte Anziehung gleichkommt. Um diese Behauptung zu beweisen, werde ich nach der

Formel $P_j = \frac{4 \pi^2 r}{T^2}$. P den mechanischen Kraftwert

der Anziehung berechnen, welche die Sonne auf die Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Planetoiden, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun ausübt, und die Summe dieser Kräfte mit dem mechanischen Kraftwert der sämtlichen von der Sonne in einer Sekunde ausgestrahlten Wärme vergleichen. Nach meiner Ansicht müsste man, streng genommen, immer nur die Hälfte der hier berechneten Werte nehmen, da jede nach einer Sekunde durch die Massenanziehung bedingte Endgeschwindigkeit, also der in der ersten Sekunde von 0° anfangend und dann wachsend durchlaufene Weg daher nur gleich der Hälfte dieses Endwertes ist. Indessen will ich diese Frage hier unbeachtet lassen. Die auf die Planetoiden ausgeübte Anziehungskraft habe ich rund derjenigen gleichgesetzt, welche auf den Mars ausgeübt wird. Man erhält auf diese Weise für die einzelnen Planeten folgende mechanischen Effekte in Trillionen Kilogramm-Metern pro Sekunde:

Merkur	=	28 414
Venus	=	58 808
Erde	=	97 800
Mars	=	2 043,4
Planetoiden	=	2 043,4
Jupiter	=	394 870
Saturn	=	50 948
Uranus	=	0,39831
Neptun	=	0,27232
Summa =		634 927,47063

Nach den oben angeführten Berechnungen und Angaben in Jochmanns Experimentalphysik im Paragraphen 239 strahlt die Sonne in einem Jahre $1200 \cdot 2\,160\,000\,000$ Trillionen Wärmeeinheiten in den Weltraum aus, in einer Sekunde also

$$\frac{1200 \cdot 2\,160\,000\,000}{31\,558\,140} \quad \text{oder rund} \quad \frac{1200 \cdot 2\,160\,000\,000}{32\,000\,000}$$

Trillionen Wärmeeinheiten, welche = $\frac{1\,200 \cdot 2\,160 \cdot 425}{32}$

Trillionen Kilogramm-Meter, also = $34\,425\,000$ Trillionen Kilogramm-Meter sind.

Berücksichtigt man noch den Umstand, dass 60% der Sonnenwärme in der Atmosphäre absorbiert werden, so beträgt der mechanische Kraftwert der Sonnenwärme nicht 34 Quadrillionen Kilogramm-Meter, sondern sogar rund 85 Quadrillionen Kilogramm-Meter.

Die mechanische Kraft der gesamten Sonnenwärme übertrifft also die Anziehungskraft, welche die Sonne auf sämtliche Planeten ausübt, nicht nur um das Doppelte, sondern sogar um mehr als das Neunzigfache. Darnach müsste doch mindestens $\frac{1}{90}$ aller Sonnenwärme auf die Planeten entfallen. Dies ist der Fall; denn die Planeten gruppieren sich wirklich so um die Sonne, dass sie, wenn man von den Planetoiden absieht, in einer Zone von

ungefähr 6° liegen, also etwa den sechzigsten Teil der Himmelskugel einnehmen.

Es folgt also hieraus, dass lediglich die Wärmestrahlen die Träger und Vermittler der Gravitation sind und dass die magnetischen und elektrischen Erscheinungen und Kräfte wahrscheinlich eine Folge der Wärmewirkung sind. Die Wärmewirkung der Sonne ist also wegen ihrer ausserordentlichen Grösse nicht nur im stande, den Planeten die thatsächlich ihnen eigene Zugkraft nach der Sonne, sondern denselben auch die translatorische Bewegung zu erteilen, welche die Planeten hindert, in den Centralkörper zu stürzen, und sie in kreisförmigen Bahnen um denselben umtreibt. Die Bahngeschwindigkeit eines Planeten ist nämlich die nach unendlicher Zeit erlangte Endgeschwindigkeit einer beschleunigenden Kraft, welche der den Planeten von der Sonne erteilten Attraktionskraft genau gleich ist. Die Tangentialkraft und die Anziehungskraft sind eben der Grösse nach genau gleich und nur der Richtung nach verschieden, setzen sich daher nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte so zu sagen in ein bewegliches Gleichgewicht oder besser in ein bewegliches Gleichgewichtsverhältnis um.

Zum Schluss dieses Abschnitts möchte ich nur noch auf die höchst wichtige Folgerung hinweisen, welche sich aus der vorstehenden Lösung des Gravitationsproblems unmittelbar ergibt, nämlich darauf, dass die Anziehungskraft der Massen sich nicht momentan in die weitesten Räume ausbreiten kann, sondern, wie die sie bedingenden Wellen selbst, zu ihrer Ausbreitung einer gewissen, wenn auch sehr kurzen Zeit bedarf.

Nachdem ich im vorstehenden Abschnitt die mechanische Erklärung der Massenanziehung durch rein physikalische Betrachtungen und Schlüsse zu liefern

versucht habe, bleibt mir nunmehr noch übrig, auf analytischem Wege die gezogenen Schlussfolgerungen abzuleiten und dadurch deren Richtigkeit auch deduktiv nachzuweisen. Bei diesem Versuch kommt es mir sehr zu statten, dass von nicht unbedeutenden Physikern unserer Zeit, nämlich von Bartoli (Exners Rep. 21 p. 108, 1885), Boltzmann (Wied. Ann. 22 p. 31, 1889) und Maxwell die abstossende Kraft der auf absorbierende Körper auffallenden Wärme und Lichtstrahlen mathematisch behandelt worden ist. Nach Maxwell, der zu seinen Resultaten bei der Untersuchung über die Absorption der Wärmestrahlen gelangte, wird der Druck, welcher von den auffallenden Strahlen in der Richtung ihrer Fortpflanzung ausgeübt wird, durch die folgende Formel ausgedrückt

$$(1) P = \frac{E}{v},$$

worin E die dem Körper in der Zeiteinheit zugeführte Energiemenge und v die Lichtgeschwindigkeit in dem umgebenden Medium bedeutet. Zu einem analogen Resultat gelangten die beiden eben erwähnten Forscher Boltzmann und Bartoli bei Untersuchungen über die rückstossende Kraft reflektierter Strahlen.

Auf Grund dieser Ergebnisse hat Peter Lebedew in einer kleinen Abhandlung in Wied. Ann. N. F. 45, 1892, p. 292 das Verhältniss der durch Strahlung hervorgerufenen Abstossung zu der Newtonschen Anziehung sowohl für die Sonne als auch allgemein für einen warmen kugelförmigen Körper abgeleitet, indem er voraussetzte, dass die aufeinander strahlenden Körper absolut schwarz und ihre Dimensionen im Verhältniss zur Wellenlänge der Strahlen gross sind.

Die von Lebedew gegebenen Entwicklungen lassen sich ohne weiteres auf die von mir aufgestellte Auffassung über die Erzeugung der Massenanziehung durch

die Wärmestrahlung übertragen; denn die beiden Fälle unterscheiden sich hauptsächlich nur durch die verschiedene Richtung, in welcher die aufgehaltene Wellenstrahlen wieder ausgesandt werden. Lebedew nimmt ebenso wie Bartoli, Boltzmann und Maxwell an, dass die Körper, welche sich gegenseitig bestrahlen, sich diese Strahlen auch wieder wechselseitig zurücksenden, während nach meiner durch die Beobachtung als richtig bewiesenen Auffassung die Weltkörper sich die zugesandte Wärme nur zum kleinsten Teile wieder zustrahlen, die grösste Menge derselben aber infolge ihrer Rotation auf den beiden voneinander abgewandten Seiten in das endlose Universum nach allen Richtungen hin ausstrahlen. Entsprechend den analytischen Entwicklungen der genannten Physiker wird dadurch nicht eine Abstossung, sondern vielmehr eine Anziehung oder, sachgemässer gesprochen, ein Druck bedingt, welcher die strahlenden Körper zusammenzuschieben sucht.

Es sei nun die Solarkonstante $C = 3$ Gramm-Kalorien, das mechanische Wärmeäquivalent $B = 425$ Gramm-Meter; dann ist die auf 1 qcm in 1 Sekunde aufstrahlende Energie E näherungsweise

$$E = \frac{C}{60} B = 21 \text{ Gramm-Meter.}$$

Demgemäss erhält man aus Gleichung (1), wenn man die Lichtgeschwindigkeit $v = 3 \cdot 10^8$ m setzt, für den auf 1 qcm ausgeübten Druck P :

$$P = \frac{E}{v} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

oder (2) $P = 0,6 \cdot 10^{-4}$ Dyne. — Nun zieht die Sonne 1 g Masse in der Entfernung der Erde mit der Kraft (3) $A = 0,6$ Dyne an, wie sich leicht berechnen lässt. Ist ferner r der Radius des angezogenen Körpers in cm und ρ die Dichte, bezogen auf Wasser, so ist erstlich die

von der Massenanziehung herrührende Attraktion (3a)

$$G = \frac{4}{3} \pi r^3 \xi A, \text{ der von der Sonnenstrahlung stammende}$$

Druck $H = \pi r^2 P$. Nach meinen obigen Auseinandersetzungen soll aber gerade der von der Sonnenstrahlung herrührende Wärmedruck die Ursache der allgemeinen Massenanziehung sein; es muss demnach $G = H$, d. h.

$$(2a) \quad \frac{4}{3} \pi r^3 \xi A = \pi r^2 P \text{ oder } (4) \quad P = \frac{4}{3} r \xi A$$

sein. Setzen wir in (4) für P und A ihre numerischen Werte aus (2) und (3) ein, so erhalten wir angenähert:

$$(5) \quad r \xi = \frac{3}{4} \cdot 10^{-4}.$$

Aus dieser Gleichung folgt, dass man, da die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,6 beträgt, für den Radius r eines von den Gravitationswellen, bezüglich von den mit ihnen identischen Wärmeschwingungen angezogenen Moleküle ungefähr den Wert

$$r = \frac{0,75 \cdot 10^{-4}}{\xi} = \frac{0,75 \cdot 10^{-4}}{5,6} = \frac{0,75}{5\,6000} \text{ cm} = \frac{0,75}{5\,600} \text{ mm},$$

d. h. $r = 0,000135 \text{ mm} = 0,135 \mu$ erhält.

Dieser Wert dürfte dem wirklichen Sachverhalt entsprechen und dem Mittelwert des Radius, den die einzelnen Moleküle Massenteilchen der Erde besitzen, nahekommen. Führt man in Gleichung (4a) für ξ seinen

Wert $\xi = \frac{m}{v} = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi r^3}$ ein, so erhält man

$$(6) \quad \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \frac{m}{\frac{4}{3} \pi r^3} A = \pi r^2 P \text{ oder } (6) \quad P = \frac{m A}{\pi r^2}.$$

Die Gleichung (6) stellt also, wie ja nach den Deduktionen zu erwarten war, nichts anderes dar, als den Teil des Newtonschen Gesetzes, dass die Anziehung den Massen direkt proportional ist; die Theorie bestätigt

also gleichfalls in eklatanter Weise die von mir aufgestellte Ansicht, dass die von der Sonne, beziehungsweise von den Körpern ausgesandten Ätherschwingungen der Wärme, des Lichts u. s. w. die wahre Ursache der wechselseitigen Anziehung ihrer Massen sind und dass diese Anziehung den Massen direkt und wegen der Abnahme der Intensität der Wellen auch dem Quadrate der Entfernung der Körper umgekehrt proportional ist.

Wie bereits im ersten Abschnitt dieses Kapitels auf Grund der Beobachtungen der Nachweis geführt werden konnte, dass die Sonnenstrahlung sowohl qualitativ wie auch quantitativ die Gravitationserscheinungen zu bewirken vermöge, ebenso lässt sich auch auf rein analytischem Wege der Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht führen. Zu diesem Behufe werde ich in den nachfolgenden Entwicklungen, welche bezüglich der numerischen Rechnungen nur rohe Annäherungen darstellen, die Druckwirkung der Sonnenstrahlen in Bruchteilen der allgemeinen Massenanziehung darstellen.

Es ist nach Gleichung

$$(3a) \quad G = \frac{4}{3} r^3 \pi \epsilon A,$$

nach Gleichung (4) $H = \pi r^2 P$;

folglich ergibt sich

$$(6) \quad \frac{H}{G} = \frac{\pi r^2 P}{\frac{4}{3} \pi r^3 \epsilon A} = \frac{3 P}{4 r \epsilon A}.$$

Setzt man nun in (6) für P und A ihre numerischen Werte aus (2) und (3) ein, so erhalten wir angenähert

$$(7) \quad \frac{H}{G} = \frac{3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-4}}{4 r \epsilon \cdot 0,6} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{4 r \epsilon}.$$

Aus dieser Gleichung folgt, dass für grosse Werte von r der Quotient $\frac{H}{G}$ ein echter Bruch ist, d. h., dass die Gravitationskraft G grösser als der Druck der

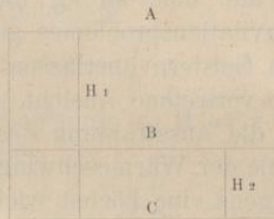
strahlenden Wärme ist. Für den schon oben angeführten Fall, dass $G = H$ sein soll, muss natürlich wiederum $r = 0,00135 \text{ mm} = 0,135 \mu$ sein. Ist dagegen r kleiner als $0,135 \mu$, so ist die Druckwirkung der Sonnenstrahlen bedeutend grösser als die Massenanziehung. Die Massenanziehung kann jedoch nur das Resultat aller derjenigen Wirkungen sein, welche auf die einzelnen Moleküle, bezüglich die Atome der Massenkonglomerate, wechselseitig ausgeübt werden. Die Durchmesser der Moleküle und Atome, aus denen die Massen der Körper sich zusammensetzen, haben nun aber bedeutend kleinere Durchmesser als $0,135 \mu$. Daraus folgt, dass die Anziehung oder die sogenannte *vis a tergo*, welche die Wärmestrahlung der Himmelskörper auszuüben vermag, zur Erklärung der bisher so rätselhaften und mechanisch unbegreiflichen Gravitationserscheinungen vollkommen ausreicht.

Die vorstehenden höchst elementaren analytischen Deduktionen noch weiter auszuspinnen, dürfte kaum von grossem Werte sein; auch würde ich selbst im entgegengesetzten Falle eine streng mathematische Behandlung des Gravitationsproblems gern mathematisch besser geschulten Geistern überlassen.

Die von mir vertretene Ansicht, dass die Massenanziehung durch die Ausstrahlung der Ätherwellen und zwar in erster Linie der Wärmeschwingungen verursacht wird, erhält übrigens eine höchst wichtige Bestätigung durch die Übereinstimmung gewisser Formeln aus der mechanischen Wärmetheorie und der Mechanik. Es handelt sich hier um die mit der Carnotschen Temperaturfunktion T in einfacher Beziehung stehende Funktion S in der mechanischen Wärmetheorie und um die Höhen eines Körpers über der Nullebene bei Leistung einer Arbeit durch Herabsinken von grösserer Höhe auf einen geringeren Abstand vor der Erde, bezüglich umgekehrt

durch Höhengewinn infolge aufgewandter Arbeit. Wenn ich nun auch gerade für diesen Abschnitt die mechanische Wärmetheorie als bekannt voraussetze, so glaube ich gleichwohl nach Zeuner die Beziehung der Funktion S zu den die „Energie der Lage“ bedingenden Vertikalabständen eines schweren Körpers darlegen zu müssen. Zeuner gelangt in seiner Thermodynamik in dieser Frage zu einem recht bemerkenswerten Resultat dadurch, dass er, nachdem er die beiden Hauptgleichungen der Wärmemechanik abgeleitet hat, die Sätze über den Kreisprozess und zwar vor allem über den Carnotschen Kreisprozess mit analogen Sätzen der Mechanik auf S. 52 bis 57 vergleicht. Da ich schwerlich in gleich klarer und präziser Form wie Zeuner diese Vergleichung durchführen könnte, so lasse ich die betreffenden Seiten hier folgen, um dann daran nur einige auf die mechanische Gravitationstheorie bezügliche Schlussfolgerungen anzuschliessen.

Man denke sich drei übereinander liegende Horizontal-ebenen A, B und C; die oberste Ebene A liege in der



Höhe H_1 über der untersten Ebene C; in der letzten Ebene liege demnach der Nullpunkt, von dem aus die Höhen nach oben gemessen werden; stellt man sich weiter vor, in der obersten Ebene stehe ein Körper vom Gewichte G zur Verfügung und man könnte denselben langsam und gleichförmig nach dem untersten Niveau sinken lassen, so steht uns in diesem Körper eine

Arbeit zur Verfügung, die mit W_1 bezeichnet werden mag und die einfach bestimmt ist, durch die Beziehung

$$W_1 = G H_1. (1)$$

Der Wert von W_1 ist das, was in der Mechanik als „Energie der Lage“ oder als potentielle Energie bei Einwirkung der Schwere bezeichnet wird. Befinde sich das gleiche Gewicht G im mittleren Niveau B, so würde hingegen beim langsamen gleichförmigen Herabsinken in das unterste Niveau die Arbeit

$$W_2 = G H_2 (2)$$

gewonnen werden, und endlich ist die Arbeit L , welche gewonnen würde, wenn der Körper in gleicher Weise von A nach B sinkt,

$$L = G (H_1 - H_2). (3)$$

Aus den Gleichungen (1) und (2) folgt

$$G = \frac{W_1}{H_1} = \frac{W_2}{H_2}, (4)$$

und die Substitution in Gleichung (3) ergibt, wenn diese Gleichung wieder aufgeführt wird,

$$\left. \begin{aligned} L &= W_1 - W_2 \\ L &= G (H_1 - H_2) \end{aligned} \right\} (5)$$

Wird, wie man sich vorstellen kann, im Niveau A der Körper vom Gewicht G herbeigeschoben, so entspricht dieses einer Lieferung, einer Zuführung der Arbeit W_1 , und muss der Körper, nachdem er in der bemerkten Weise arbeitsverrichtend in das Niveau B herabgesunken ist, dort wieder abgeliefert werden, so entspricht dieses einer Ablieferung, einer Entziehung der Arbeit W_2 ; die Differenz der zugeführten Arbeit W_1 und der abgeführten für weitere Zwecke uns entzogenen Arbeit W_2 ist nach Gleichung (5) als Arbeit L gewonnen worden. Der Prozess ist aber auch umkehrbar. Wird der Körper im untern Niveau B herbeigeführt, dann langsam und gleichförmig in das obere Niveau A gehoben, so ist die abgelieferte Arbeit W_1 grösser,

als die gelieferte W_2 , die Arbeit L zum Heben ist verbraucht worden und entspricht wieder genau der Differenz $W_1 - W_2$. Vergegenwärtigt man sich wieder den Prozess in der ersten Richtung, so ist die unter den gemachten Voraussetzungen gewonnene Arbeit L beim Übergang von A nach B ein Maximum, weil ein gleichförmiges Sinken angenommen wurde; denn findet das Sinken ungleichförmig, also beschleunigt, mit zunehmender Geschwindigkeit statt, so fällt die gewonnene Arbeit kleiner aus, ja diese Arbeit kann sogar Null werden, wenn der Körper vom Gewichte G einfach von A nach B herabfällt; in diesem Falle wohnt dem Körper im untern Niveau noch die ganze anfängliche Arbeit W_1 inne, die Differenz $W_1 - W_2$ noch in Form von lebendiger Kraft, von kinetischer Energie.

Zur Erläuterung der vorstehenden Darlegungen weist dann Zeuner auf die hydraulischen Motoren hin, indem er sich den Körper G als tropfbare Flüssigkeit vorstellt. Bildet nämlich das Niveau A und ebenso das Niveau B einen unendlich breiten und unendlich niedrigen Kanal und bedeutet G das Gewicht einer Wassermenge, die in bestimmter Zeit, z. B. in der Sekunde, herabsinkt, so erscheint der im vorstehenden besprochene Prozess als derjenige, welcher von den hydraulischen Motoren, den Wasserrädern, Turbinen etc., ausgeführt wird, während dann die Umkehrung des Prozesses bei den Wasserhubmaschinen vorliegt. Die Wahl des unteren Niveaus C ist hierbei noch ganz willkürlich, so dass man bei der Betrachtung hydraulischer Motoren dafür den Meeresspiegel annehmen könnte.

Bei der Vergleichung der Formeln

$$G = \frac{W_1}{H_1} = \frac{W_2}{H_2},$$

$$L = W_1 - W_2,$$

$$L = G (H_1 - H_2)$$

mit den Formeln

$$P = \frac{Q_1}{A S_1} = \frac{Q_2}{A S_2},$$

$$L = \frac{Q_1}{A} - \frac{Q_2}{A},$$

$$L = P (S_1 - S_2)$$

tritt die vollständige Analogie derselben deutlich vor Augen, denn die Arbeitsmengen W_1 und W_2 entsprechen den in Arbeitseinheiten gemessenen Wärmemengen Q_1 und Q_2 , dagegen die Höhenwerte (Niveaudistanzen) H_1 und H_2 den Werten der Funktion S_1 und S_2 . Die vorstehenden Gleichungen sind dem Baue und dem Sinne nach dieselben.

Im weiteren Verlauf der Deduktion wird nun gezeigt, dass die Funktion S eine Funktion der Temperatur ist, wie speciell an den Vorgängen bei der Dampfmaschine erläutert wird. Es findet nämlich in dem Dampfzylinder mit dem Arbeitsgewinn zugleich ein Wärmeübergang vom Dampfkessel nach dem Kondensator statt; dem Kessel wird Wärme mitgeteilt, im Kondensator findet Abkühlung statt, wird also Wärme abgeleitet. Die Wärmezuführung findet jedoch bei hoher Temperatur statt, während die Ableitung bei niedriger Temperatur vor sich geht. Bei den Kälteerzeugungsmaschinen liegt dagegen der umgekehrte Prozess vor, da bei diesen zum Betrieb der Maschinen Arbeit aufzuwenden ist und die Wärmemitteilung im Verdampfer bei niedriger, die Wärmeentziehung im Kondensator bei höherer Temperatur stattfindet.

Wir beschränken uns bei den weiteren Auseinandersetzungen und Vergleichen auf die Dampfmaschinen. Da beim Betriebe derselben im Dampfkessel wie im Kondensator die Temperaturen auf konstanter Höhe erhalten werden, so kann man den Vorgang sich als einen

stationären vorstellen, der durch die Emission oder Abgabe der Wärme durch den Kessel und die ihr gleiche Absorption oder Aufnahme der Wärme im Kondensator stetig unterhalten wird. Eine derartige Anschauung stimmt jedoch mit den Darlegungen überein, welche ich im ersten Teile über die mechanische Wirkung der ausgestrahlten Wärme gegeben habe, nur ist hier an den zweiten Fall zu denken, dass das die Wärme emittierende Radiometerblättchen, bezüglich die erwärmte Radiometerwand unbeweglich und das die Wärme absorbierende Radiometerblättchen, das gleichzeitig die Funktionen des Kondensators und Cylinderkolbens ausübt, beweglich ist und daher von der festen Wärmequelle zurückweicht. Die Ursache des Zurückweichens beruht darauf, dass nicht der Einstrahlung, sondern nur der Ausstrahlung ein Widerstand geleistet wird; ebenso ist es auch bei der Expansion der Dämpfe, wie im ersten Teile gleichfalls gezeigt worden ist. Es folgt nun aus den vorstehenden Auseinandersetzungen, dass die Arbeitsleistung bei den Dampfmaschinen mit Bezugnahme auf den Carnotschen Kreisprozess lediglich durch die Emission und Absorption der Wärmestrahlen bedingt wird. Nun sind aber die Formeln für die Arbeitsleistung eines langsam sinkenden Körpers vollständig homogen mit den Formeln der Arbeitsleistungen bei dem Carnotschen Prozess; es liegt demnach, da ja die Atome nach dem dritten Grundgesetze der Materie ihre Grundeigenschaften unter allen Umständen quantitativ und qualitativ beibehalten müssen, der Schluss nahe, dass die Höhenwerte H_1 und H_2 ebenfalls Temperaturfunktionen gleicher Art wie S_1 und S_2 sind. Mit anderen Worten heisst dies nichts anderes, als dass beim Sinken des Körpers G von dem Niveau A auf das Niveau B , wenn Arbeit geleistet wird, genau die erforderliche Wärme der Erde

und dem Körper G gleichmässig entzogen werden muss; umgekehrt muss beim plötzlichen Fallen ohne Arbeitsleistung die der Fallhöhe entsprechende lebendige Kraft durch Stoss und Reibung sich in Wärme umsetzen und zwar im ersten Augenblick im bei weitem überwiegenden Masse in dem Körper G enthalten bleiben, wie ja der Versuch lehrt, und erst allmählich durch Ausstrahlung ein Temperaturenausgleich mit der Erde erfolgen. Ebenso muss, wenn ein Körper G von dem Niveau B auf das Niveau A gehoben wird, dem Körper G und der Erde eine der geleisteten Arbeit gleichwertige Wärme entzogen, d. h. von der Erde emittiert werden. Weil jedoch die abgegebene Wärme im Verhältnis zur Erdmasse verschwindend klein ist, so vermögen unsere Apparate, welche nur Differenzzustände anzeigen, die unendlich kleine Temperaturabnahme nicht sichtbar zu machen.

Man kann also nicht ohne begründete Berechtigung die Erde bezüglich der Schwerkraftleistung mit einer Dampfmaschine vergleichen; dem hochtemperierten Dampfkessel entspricht die Erde, während der Kondensator für die von der Erde ausgestrahlte Wärme das auf bedeutend niedrigerem Temperaturniveau stehende Weltall ist. Noch mehr in die Augen springt die Übereinstimmung zwischen der arbeitleistenden Wirkung der Wärme im Weltall und in der Dampfmaschine, wenn man sein Augenmerk auf die durch Wärmeemission von der Sonne oder den Fixsternen bedingten mechanischen Leistungen in unserem Planetensystem oder im gesamten Universum sein Augenmerk lenkt. Die Sonne hält sich konstant auf einer ungeheuer hohen Temperatur, während das sie umgebende Weltmedium stetig auf einer Temperatur von ungefähr — 273° C. oder nach neueren Physikern auf — 100° C. stehen bleibt. Körper, welche sich im Weltall befinden und die von der

Sonne empfangene Strahlenmenge wieder weiter ins All hinaus emittieren, müssen demnach entsprechend dem Carnotschen Prozess und genäss der ihnen möglichen Wirkungsgelegenheit zur Sonne hingedrängt werden.

Eine direkte Bestätigung dieser Anschauung auf Grund von genauen Beobachtungen ist bereits im ersten Abschnitt dieses Kapitels versucht worden; man kann jedoch auf einem Umwege, der namentlich auch über die innere Wärme der Erde Aufschluss geben dürfte, zu einem damit übereinstimmenden Resultat gelangen. Stellt man sich nämlich gemäss der planetarischen Nebelhypothese vor, dass sämtliche Massenteilchen der Erde sich aus dem Zustande der denkbar grössten Verdünnung im Laufe der Jahrtausende bis zur jetzigen Erddichte infolge der Wärmeabgabe an das Weltmedium zusammengeballt hätten, so muss dadurch soviel Wärme entbunden worden sein, als die Erde noch jetzt besitzt und in dem verflossenen Zeitraume dieses Bildungsvorganges ins Weltall hinausgeschickt hat. Die ihr von der Sonne und anderen Weltkörpern zugestrahlte Wärmemenge kann dabei zunächst unberücksichtigt bleiben, da deren Funktion eine andere ist. Nun kennen wir freilich nicht die Temperatur des Erdinnern, sondern nur die Temperatur der Oberfläche und ausserdem noch das mittlere spezifische Gewicht oder die Dichte der Erde. Ferner können wir nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz, wie Robert Mayer es zuerst auch wirklich ausgeführt hat, die Endgeschwindigkeit der aus unbeschränkt grosser Entfernung auf die Erde herabfallenden Masseneinheit und damit die an der Erdoberfläche aufgespeicherte lebendige Kraft und die ihr gleichwertige Wärmemenge in Kalorien berechnen. Zieht man von dieser Wärmemenge diejenige Wärmemenge ab, welche die Masseneinheit bei der Oberflächentemperatur und der

mittleren Erddichte noch enthält, so erhält man diejenige Wärme, welche jedes Massenteilchen an seinem Teile zur inneren Erdwärme und zu der gesamten schon ausgestrahlten Wärme geliefert hat.

Diesem Summenwert, dessen einzelne Posten sich schwer ermitteln lassen, gebührt jedoch eine nicht geringe Bedeutung, da derselbe der Grenzwert ist, den die innere Erdwärme wegen der im Ablauf der Zeiten ausgestrahlten Wärmemengen nicht einmal erreichen, geschweige denn übersteigen kann. Zur Ermittlung dieses Grenzwertes gelangt man nach Mayer durch die nachstehende einfache Überlegung. Auf experimentellem Wege ist ermittelt worden, dass eine Masse, welche aus einer Höhe von 425 m herabfällt, durch Reibung und Stoss 1 kg Wasser um 1° C. erwärmt, andererseits erlangt eine von 425 m Höhe herabgefallene Masse eine Endgeschwindigkeit von 91 m in einer Sekunde, so dass ein mit solcher Geschwindigkeit sich bewegendes Körper 1° Wärme oder eine Wärmeeinheit entwickelt. Wird die Geschwindigkeit verdoppelt oder verdreifacht, so erhält man 4° oder 9° Wärme u. s. w., also ergibt sich für 1 m Geschwindigkeit $\frac{1}{91}^{\circ}$ oder $0,00012$ Wärme, allgemein also für c m Geschwindigkeit

$$0,00012 c^2.$$

Nun folgt aus dem Newtonschen Gesetze, dass die Endgeschwindigkeit, welche ein aus unbeschränkt grosser Entfernung auf die Erde herabfallender Körper erlangt, gleich 11200 m in der Sekunde ist. Nehmen wir das specifische Gewicht und die specifische Wärme desselben gleich 1 an, so werden durch Reibung, Stoss u. dergl. $0,00012 \cdot 11200^2$ Wärme oder Wärmeeinheiten erzeugt. Demnach beträgt die Temperatur des aus dem Unendlichen angekommenen Meteoriten an der Erdoberfläche 15053° oder rund 15000° . Dies ist demnach der Grenz-

wert, unter welchem die Temperatur des Erdinnern liegen muss; in der That schätzt man die Temperatur der aus dem Erdinnern ausströmenden Lava auf etwa 4000° C., ein Wert, der noch erheblich kleiner als der gefundene Maximalwert ist. Auf dieselbe Weise findet man den betreffenden Maximalwert der inneren Sonnentemperatur gleich $0^{\circ},00012 \cdot 445710^2$ oder $0^{\circ},00012 \cdot 630400^2$, d. h. $24\,000\,000^{\circ}$ bis $48\,000\,000^{\circ}$. Die mittlere Oberflächentemperatur der Erde beträgt ungefähr 15° , diejenige der Sonnenoberfläche etwa $20\,000^{\circ}$ C.; es verhalten sich also bei der Sonne und der Erde die Oberflächentemperaturen zu einander wie die inneren Maximaltemperaturen, da annähernd $\frac{15\,000}{15} = \frac{24\,000\,000}{20\,000}$ ist.

Es liegt kein Grund vor, warum nicht auch für die übrigen Weltkörper dasselbe Verhältnis zwischen der maximalen Innentemperatur und der Temperatur der Oberfläche stattfinden soll. Man hat also auf diese Weise ein höchst einfaches Mittel erlangt, die Oberflächentemperaturen der Weltkörper auf einem ganz anderen Wege, als es geschehen ist, zu finden. Führt man diese Berechnung für die übrigen Planeten unseres Sonnensystems aus, so erhält man Zahlenwerte, welche mit den nach der Rosettischen Emissions-Formel berechneten Temperaturen gut übereinstimmen.

Das gerade nicht unwichtige Ergebnis der vorstehenden theoretischen Untersuchungen besteht in erster Linie darin, dass sich thatsächlich die Wirkungen der allgemeinen Massenanziehung in ungezwungener Weise durch den Rückstoss der ausgestrahlten Wärmeschwingungen rein mechanisch erklären lassen; daraus folgt aber zweitens, dass der von Robert Mayer so glänzend nach der quantitativen Seite hin erläuterte Grundsatz „causa aequat effectum“ auch in qualitativer

Hinsicht ganz allgemein und vollkommene Gültigkeit besitzt, oder dass mit anderen Worten die Atome unter allen Umständen ihre Grundeigenschaften beibehalten.

Jetzt möchte ich, da mir augenblicklich weitere Angaben nicht bekannt sind, noch die bereits seit mehr als hundert Jahren angestellten meteorologischen Beobachtungen über die Wärme-Aufnahme und -Ausgabe der Erde als weiteres Beweismaterial dafür benutzen, dass meine Auffassung, die Erde sei eine gewaltige kosmische Licht- oder Wärmemühle, keineswegs eines realen Hintergrundes entbehrt. Ist nämlich meine Behauptung richtig, dass die Wellen der Sonnenwärme in der oben geschilderten Weise durch ihre Rotationskraft die Erde nach der Sonne hindrängen, so muss die am Tage von der Sonne erwärmte Halbkugel die aufgenommene Wärme des Nachts wieder ausstrahlen, d. h. während die der Sonne zugekehrte Halbkugel die Sonnenstrahlen absorbiert, muss die andere gleichzeitig die vorher empfangene Wärmemenge wieder in den Weltraum hinaussenden und so fort im ewigen Wechsel der Tage und Jahre, bis endlich die Erde ihr Grab in der Sonne findet und, in Atome zerstäubt, als strahlende Materie wieder in das unermessliche Weltmeer ausströmt. Sämtliche Sonnenwärme, welche die Erde auf ihrer langen Bahn durch das All in Massenbewegung umgesetzt hat, giebt sie dann der Sonne zurück, indem sie durch Stoss und Reibung eine ihrer Endgeschwindigkeit gleichwertige Wärmemenge entbindet. Thatsächlich kühlt sich nun, wie jahrelange Beobachtungen beweisen, die Oberfläche der Erde, während dieselbe bei Tage von den Sonnenstrahlen erwärmt wird und ihre höhere Temperatur den auf ihr ruhenden Luftschichten mitteilt, bei Nacht durch Strahlung gegen den Weltraum ab.

Als Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht mögen nur folgende in Padua und Leith angestellte Thermometerbeobachtungen dienen, welche man in ausführlicher Weise in Poggendorfs Annalen, Band 42, findet. In der ersten und dritten Kolumne der Tafeln I und II ist jedesmal die mittlere Zeit angegeben, bei welcher für den in der vorletzten Reihe genannten Monat die in der zweiten Kolumne angeführte durchschnittliche Minimal-, bezüglich die in der dritten angegebene mittlere Maximaltemperatur statthatte. Am Schlusse jeder Tabelle folgt die Angabe der durchschnittlichen jährlichen Minimal- und Maximaltemperatur und die durchschnittliche Nacht- oder Tageszeit, in welche dieselben fielen.

Tabelle No. I.

Padua 1778—1779.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Zeit	Temperatur (°)	Zeit	Temperatur (°)	Monat	Differenz (°)
7 Uhr	2,15	2 Uhr	5,60	Januar	3,45
7 „	2,91	3 „	6,95	Februar	4,04
6 „	5,16	3 „	10,10	März . . .	4,95
5 „	10,20	3 „	15,70	April . . .	5,50
4 „	16,05	2 u. 3 „	23,65	Mai	7,60
4 „	18,54	2 „	25,21	Juni	6,67
4 „	21,34	2 „	30,73	Juli	9,39
4 u. 5 „	18,49	4 „	27,55	August . . .	9,06
5 „	15,05	3 „	21,97	September	6,92
5 „	12,94	3 „	17,47	Oktober . .	4,53
7 „	5,75	2 „	10,92	November	5,17
7 „	2,30	2 „	6,41	Dezember	4,11
Jahres- mittel: 5 Uhr	11,10	2 Uhr	16,79		5,69

Tabelle No. II.

Leith 1824 (Temperaturangabe in Fahrenheits Graden).

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Zeit	Minimum	Zeit	Maximum	Monat	Temperatur-Differenz
5 Uhr	40,07	3 Uhr	43,18	Januar	3,11
7 „	39,02	2 „	42,07	Februar	3,68
6 „	37,45	3 „	42,09	März . .	5,45
5 „	39,08	3 „	50,01	April . .	10,03
4 „	44,07	3 „	54,07	Mai . . .	10,00
5 „	51,08	3 „	59,09	Juni . . .	8,01
4 „	54,09	4 „	63,06	Juli . . .	8,07
4 „	52,05	4 „	60,01	August .	7,06
4 „	51,01	3 „	58,08	September	7,07
6 „	44,08	2 „	49,09	Oktober	5,01
2 „	40,04	2 „	44,07	November	4,03
1 „	38,69	1 „	41,02	Dezember	2,51
Jahres-mittel 5 Uhr	44,82	3 Uhr	50,89		6,07

Noch reichhaltigeres Beobachtungsmaterial dafür anzuführen, dass die Erde in der Nacht die am Tage aufgenommene Wärme wieder ausstrahlt, halte ich nicht für erforderlich, da man leicht, wenn man dies wünscht, in grösseren wissenschaftlichen Specialzeitschriften zahlreiche ähnliche Beobachtungen finden wird.

Dass aber sämtliche Wärme, also sämtliche Molekularbewegung, welche nicht in Massenbewegung umgesetzt ist, wieder von der Erde ausgestrahlt wird, folgt mit Notwendigkeit daraus, dass die mittlere Jahrestemperatur an keinem Orte der Erde in einem Zeitraume von mehr als hundert Jahren merkbar zugenommen hat. Nach den Untersuchungen Fouriers ergibt sich sogar eine allmälige, wenn auch äusserst minimale Abkühlung der Erde, so dass dieselbe von ihrer Eigenwärme noch einen geringen Bruchteil abgibt; denn, wie oben angegeben ist, beträgt die jährliche Wärme-

abgabe der Erde rund 770 Trillionen Wärmeeinheiten und die Sonnenstrahlung zur Erde etwa ebenso viel, wenigstens 760 Trillionen Kalorien. Darnach würde die Erde schätzungsweise etwa $\frac{1}{300\,000\,000}$ seiner Gesamtwärme in einem Jahre verlieren.

Die von mir aufgestellte mechanische Erklärung der Attraktion aus der Wärmewirkung der Sonne lässt demnach auch die Unveränderlichkeit der Jahresdauer als völlig durch die Thatsachen bedingt und begründet erscheinen, andererseits aber vermeidet sie in denkbar einfachster Weise die absurde, bei fast allen früheren mechanischen Gravitationstheorien wiederkehrende Hypothese der vollständigen oder beinahe vollständigen Durchlässigkeit der festen Stoffe für die Gravitationswellen. Selbst Herr Dr. Isenkrahe, der in seiner sonst, wenigstens bezüglich des kritischen Theiles, so verdienstvollen Arbeit „Das Rätsel der Gravitation“ seine Vorgänger wegen einer derartigen Annahme nicht gerade sehr gelinde mitgenommen hat, sieht sich, um überhaupt eine der Attraktion gleichwertige „vis a tergo“ zu erhalten, schliesslich doch genötigt, in versteckter Weise jene Annahme gleichfalls wieder einzuführen. Gegen eine solche Annahme sprechen, so gross man auch die Geschwindigkeit der karambolierenden Atome und so klein man dementsprechend auch deren Grösse wählen mag, gerade bei Isenkrahe wegen seiner Grundvorstellung über die Konstitution des Weltäthers die Resultate, zu denen Clausius in den Untersuchungen über die mittlere Wegelänge der Gasmoleküle und über die Wärmeleitungsfähigkeit der Gase gelangt ist; denn Isenkrahe sieht ja den Äther als ein stark verdünntes Gas im Sinne der modernen kinetischen Gastheorie an, so dass für denselben auch die gleichen Gesetze wie für die Gase gelten müssen. Aus jenen Untersuchungen

folgt nämlich, dass die Ätheratome trotz ihrer rasenden Geschwindigkeit und minimalen Grösse keine sehr dicke Schicht der Erde durchdringen können (cfr. Wüllner, Experimentalphysik, Bd. III, § 38 und § 40). Es dürfte übrigens ja auch allgemein bekannt sein, dass nicht nur die Wärmestrahlen, sondern auch die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch starke Glasplatten in nicht unbeträchtlichem Masse geschwächt, also selbst von diesem für sie sonst ziemlich durchlässigen Medium doch im Verhältnis zu der zunehmenden Dicke absorbiert werden.

Dagegen scheint mir Isenkrahes Polemik gegen das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, um zum Schluss auch diesen wichtigen Punkt noch zu berühren, erst recht jedes realen, sachlichen Hintergrundes zu entbehren; denn die gedankliche Nötigung, die Atome als einfach anzunehmen, sie als völlig unelastisch und hart anzusehen, schliesst noch lange nicht die Folgerung unbedingt in sich, dass nun auch die materiellen Träger der von der Sonne ausgehenden Wellenbewegungen wirklich einfache Atome im philosophischen Sinne sein müssen. Im Gegenteil sprechen die experimentellen Untersuchungen Crookes über die strahlende Materie, welche freilich bisher fast nur die physikalischen Eigenschaften derselben berücksichtigten, gleichwohl schon mit ziemlicher Sicherheit dafür, dass die Materie auch in dem vierten Aggregatzustand ihre chemischen Eigenschaften beibehält, dass also die stofflichen Licht- und Wärmeträger nicht als absolut einfache Atome anzusehen sind. In noch erhöhtem Masse sprechen aber hierfür die glänzenden Resultate der von Kirchhoff begründeten Spektralanalyse, welche ja mit Recht die Chemie der strahlenden Materie genannt zu werden verdient; denn wären die Ätheratome, welche durch ihren Stoss sowohl die Gravitations- als auch die Licht-

und Wärmewirkungen hervorrufen, wirklich einfache Atome, wie Isenkrahe meint, so würden ja die spektralanalytischen Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Sonnenoberfläche ganz und gar in der Luft schweben. Dem widersprechen jedoch die Resultate der zahlreichen Experimente, welche unsere gefeiertsten Physiker und Chemiker angestellt haben.

Es bewahrheitet sich demnach auch hier wieder recht deutlich, dass man sich bei naturwissenschaftlichen Fragen nicht ganz allein von theoretischen Gesichtspunkten leiten lassen darf, dass man vielmehr stets sein Augenmerk auf den sachlichen Gehalt der zu beantwortenden Fragen lenken und als Träger und Ursachen gewisser Erscheinungen in der Körperwelt immer nur einer solchen Welt gleichartige materielle Elementarteile ansehen darf, wenn man sich nicht in unauflösliche Widersprüche verwickeln will. Sachfragen lassen sich eben nur durch sachliche Axiome thatsächlich lösen, wie rein gedankliche Probleme ja auch nur mit Hilfe gedanklicher Grundsätze endgültig gelöst werden können.

Fischers technologischer Verlag, M. Krayn, Berlin W., Köthenerstr. 46.

Es erschien in neuen Ausgaben:

Die elementare Physik des Äthers (Kraft und Masse).

Von

Rudolf Mewes, Ingenieur und Physiker.

Zwei Teile.

- I. Teil elegant broschiert 2 Mk. II. Teil elegant broschiert 4 Mk.
Beide Teile zusammen bezogen 5 Mk.

Einige Besprechungen über das Werk.

Herr Prof. Max Möller in Braunschweig schreibt in No. 43, I. Jahrgang der „Neuzeit“ in seinem Artikel „Überruhende und strömende Energie“ folgendes:

„... Es muss frisch heraus gesagt werden, dass der Autor das Auge fest auf das vorgesteckte Ziel heftet und uns mitten hinein versetzt in diejenigen Beziehungen, welche durch die Arbeit der Ätherwellen hervorgerufen werden. ... Von ungemeinem Interesse ist für mich das in dem Buche von Mewes besprochene Kraftbethätigungs-Gesetz. ... Ich halte die Ausführungen von Mewes, dass die Kraft oder der Druck der Wellen es ist, welcher bei Ausbreitung der Wellen über Kugelräume mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, für sehr richtig.“

„Elektro-Techniker“, Wien, XI. Jahrg., No. 11 vom 15. Oktober 1892:

„... der Verfasser gehört zu jenen seltsamen Naturen, welche keine Phrasen kennen und dafür weder Zeit noch Raum haben. ... Jedem, der sich gerne mit ernstesten wissenschaftlichen Fragen beschäftigt und der Nachdenken gewohnt ist, können wir dieses Werkchen angelegentlichst empfehlen.“

„Lübeckische Anzeigen“, 16. August 1892:

„... Unter diesem Titel ist der I. Teil eines Werkes erschienen, welches mit Recht das Interesse des gebildeten Publikums in Anspruch nehmen kann. ... Bei dem grossen Interesse, welches das Publikum heute der Elektrizität schenkt, und in Anbetracht der Bedeutung derselben für die nächstfolgende Zeit, wo dieselbe entschieden eine hervorragende Stellung einnehmen wird, giebt dieses Werk uns sehr interessante Aufschlüsse über das Verhalten der Ätherwellen zum Licht, Wärme und Elektrizität. Allen, die sich für diese Materie interessieren, kann vorliegendes Buch nur warm empfohlen werden, und wollen wir dem Verfasser auf dem schwierigen und gewiss nicht leichten Wege wünschen, dass es ihm bald gelingen möge auch den 2. und 3. Teil zu vollenden. Das Werk ist nicht allein für den Forscher, sondern auch für den naturwissenschaftlich gebildeten Laien geschrieben.“

Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Fischers technologischer Verlag. M. Krayn, Berlin W., Köthenerstr. 46.

Ferner erschien:

— Zweite Auflage —

Licht-, Elektrizitäts- und X-Strahlen.

Ein Beitrag zur Erklärung der Röntgenschen Strahlen
von

Rudolf Mewes, Ingenieur und Physiker.

Diese erste wissenschaftliche Veröffentlichung über das Wesen der Röntgenschen Strahlen hat in der gesamten wissenschaftlichen Welt so allgemeines Interesse erregt, dass sofort eine zweite Auflage notwendig wurde.

Preis broschiert 1,50 Mk.

Abhandlung über die Ursache der Schwere

von

Christian Huyghens.

Preis 1,50 Mk.

Deutsch herausgegeben

Preis 1,50 Mk.

von **Rudolf Mewes**, Ingenieur und Physiker.

Diese im Jahre 1690 in französischer Sprache veröffentlichte Abhandlung des genialen niederländischen Physikers und Mathematikers **Christian Huyghens** ist heute noch nicht veraltet oder überholt, ja meistens noch nicht einmal erreicht worden. Dieselbe hat die erste Anregung zu der mechanischen Lösung des Gravitationsproblems gegeben und allen späteren Werken gleicher Art als Grundlage gedient, sodass die hier gelieferte erste deutsche Ausgabe allseitiges Interesse beanspruchen darf. Der Herausgeber versteht den Sinn und die klare Sprache des Autors in gutem Deutsch getreu wiederzugeben und prüft in dem Vorwort, welches er der vorliegenden Ausgabe vorausschickt, die Huyghenssche Theorie der Schwere auf Grund der modernen Wellenlehre.

Über die bewegende Kraft der Wärme

von

E. Clapeyron.

Preis 1,50 Mk.

Deutsch herausgegeben von

Preis 1,50 Mk.

Rudolf Mewes, Ingenieur und Physiker.

Im Anschluss an die moderne Wärmetheorie, welche durch die meisterhaften Arbeiten von S. Carnot, E. Clapeyron und A. Mayer sich in glänzender und fruchtbringender Weise entwickelt hat, haben die Aufgaben und Untersuchungen, welche sich auf die Konstitution der Gase und Dämpfe beziehen, in der Technik und der exakten Wissenschaft eine vorher nie geahnte Bedeutung erlangt. Es dürfte daher auch die Arbeit Clapeyrons, welche Carnots Untersuchungen bedeutend erweitert und ausgebaut hat, auf allseitiges Interesse rechnen, und zwar um so mehr, als diese Abhandlung die Grundlage für die späteren analytischen Untersuchungen eines Clausius, von Weel und E. Dühring bildet. Das Studium der Clapeyronschen Abhandlung ist heute noch keineswegs zu umgehen; denn die letzterwähnten modernen Physiker haben Clapeyrons Ansichten nur in unwesentlichen Punkten verändert, in der Hauptsache aber sich dem genialen französischen Ingenieur angeschlossen.

Fischers technologischer Verlag, M. Krayn, Berlin W., Köthenerstr. 46.

Im III. Jahrgang erscheint die

Elektrochemische Zeitschrift

Organ für das Gesamtgebiet

der

Elektrochemie, Elektrometallurgie,
für Batterien- und Akkumulatorenbau, Galvano-
plastik und Galvanostegie.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der hervorragendsten Vertreter der
Wissenschaft und Praxis.

Redakteur: Dr. A. Neuburger.

Jeden Monat erscheint ein Heft mit vielen Abbildungen.

Verzeichnis der Mitarbeiter:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Aron (Berlin), Prof. Dr. Balling (Przibram), Dr. Bodländer (Claus-
thal), Alfred H. Bucherer (Cöln-Ehrenfeld), Dr. G. Buchner, Fabrikbesitzer (München).
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Classen (Aachen), Prof. Dr. A. Claus (Freiburg i. Br.),
Dr. B. Dessau (Bologna), Prof. Dr. Dieffenbach (Darmstadt), Prof. Dr. Dürre (Aachen).
Prof. Dr. Edelmann (München), Prof. Dr. Gattermann (Heidelberg), Dr. Gerstmann (Charlotten-
burg), Prof. Dr. Graetz (München), Prof. Dr. Glan (Berlin), Ludw. Grabau, Fabrikbesitzer
(Trotha), C. Gronert, Ingenieur (Berlin), Dr. Th. Gross (Berlin), Prof. Dr. Grottrian (Aachen).
Prof. Dr. Helm (Hannover), Dr. C. Höpfner (Giessen), Dr. L. Höpfner (Berlin), Prof.
Dr. Kaemmerer (Nürnberg), Generaldirektor Dr. C. Kellner (Hallein), Prof. Dr. von Knorre
(Charlottenburg), Hofrat Prof. Dr. Lehmann (Karlsruhe), Dr. Albert Lessing, Fabrik-
besitzer (Nürnberg), C. Lukow (Köln-Deutz), Dr. G. Langbein (Leipzig), Prof.
Dr. E. von Lommel (München), Otto Luppe, Fabrikbesitzer (München), Dr. P. Meyer,
Fabrikbesitzer (Berlin), Georg Nahnsen, Elektrochemiker (Köln), H. Nissensohn, Chef-
chemiker (Stolberg), Prof. Dr. Overbeck (Greifswald), G. Oppermann, Chemiker (Ostorf
bei Schwerin), Prof. Dr. Paalzow (Charlottenburg), Prof. Dr. Peukert (Braunschweig),
Dr. Philip (Stuttgart), Prof. Dr. Przibram (Czernowitz), Prof. Dr. A. Rilliet (Genf),
Dr. Raps, Ober-Ingenieur (Berlin), Dr. Max Rosenkranz (Berlin), Prof. Dr. Rüdorff
(Charlottenburg), Direktor E. Saarburger (Hemelingen), Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Slaby
(Charlottenburg), H. Steinach (München), Dr. Schmidmer, Fabrikbesitzer (Nürnberg).
Dr. Stockmeyer, Bayer. Gewerbemuseum (Nürnberg), G. Throm, Fabrikbesitzer (Giessen).
Dr. J. Traube (Berlin), Prof. Dr. Fr. Vogel (Charlottenburg), Dr. G. Vortmann (Wien).
Prof. Dr. H. Weber (Braunschweig), Prof. Dr. H. F. Weber (Zürich), Prof. Dr. E. Wiedemann
(Erlangen), Dr. J. Wershoven (Neumühl-Hamborn), Dr. Zsigmondy (Graz).

Preis pro Quartal 4 Mk.

Abonnement durch alle Buchhandlungen, Postanstalten und die
Verlagsbuchhandlung.

Inserate finden zum Preise von 40 Pf. für die dreigespaltene Petitzelle Auf-
nahme. Bei Wiederholungen Rabatt. Für Stellengesuche und Angebote wird bei
direkter Aufgabe der Preis einer Zeile auf 25 Pf. ermässigt. Beilagen nach Ver-
einbarung.

Probenummern auf Wunsch gratis.

Gedruckt bei Fiedler & Kluge, Wittenberg—Berlin.