welche Lenbach im Frühjahr 1894 in München von seinem „Reichskanzler der Wissenschaften“ auf dessen Heimfahrt von Istrien malte.

Helmholtz nahm im Laufe des Winters alle seine Amtsgeschäfte und wissenschaftlichen Arbeiten wieder auf. Sein Wirken auf dem elektrischen Congress in Chicago wurde am Anfange des Jahres 1894 durch die Verleihung des Kronenordens erster Klasse anerkannt; zugleich wurde er *Membre d'honneur de l'Association Internationale pour le progrès de l'Hygiène* und *Honorary member of the American Institute of Electrical Engineers*.

Nachdem Hertz von Ostern 1889 an kaum drei Jahre an der Bonner Universität gewirkt, hatte sich eine qualvolle Knochenkrankheit bei ihm entwickelt, die ihn nach langem Leiden am Anfange des Decembers 1893 von Neuem auf das Krankenlager warf. Tief erschüttert war Helmholtz, als ihm am 1. Januar 1894 der Tod von Hertz gemeldet wurde; es war der unglückbringende Beginn eines weiterhin für uns alle traurigen Jahres.

„Für alle“, sagt Helmholtz, „die den Fortschritt der Menschheit in der möglichst breiten Entwicklung ihrer geistigen Fähigkeiten und in der Herrschaft des Geistes über die natürlichen Leidenschaften wie über die widerstrebenden Naturkräfte zu sehen gewohnt sind, war die Nachricht vom Tode dieses bevorzugten Lieblings des Genius eine tief erschütternde. Durch seltenste Gaben des Geistes und Charakters begünstigt, hat er in seinem leider so kurzen Leben eine Fülle fast unverhoffter Früchte geerntet, um deren Gewinnung während des vorausgehenden Jahrhunderts sich viele von den begabtesten seiner Fachgenossen vergebens bemüht haben. In alter classischer Zeit würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwicklung eines Menschengestes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme

der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte. Er war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

Heinrich Hertz schien prädestinirt zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschliessen, aber alle die Hoffnungen scheiterten an der tückischen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden; denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich Hertz immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den ich die sichersten Hoffnungen für ihre weitere Entwicklung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen.“

Ob Helmholtz bei dem schweren Schicksal, das ihn während seines Lebens in dem Dahinsiechen seiner beiden Söhne getroffen, nicht auch in Bezug auf sich der Anschauung der classischen Zeit vom Neide der Götter Raum gab? Diese Frage kam häufig vielen seiner Freunde — die seinen hohen und bescheidenen Sinn kannten, beantworteten sie verneinend.

Niemand wusste besser die Geistesgaben und die Charaktereigenschaften von Hertz zu würdigen als Helmholtz, vor dem aber jener in Ehrfurcht sich beugte; im Laufe seines Zusammenseins mit Helmholtz hatte Hertz nicht nur dessen gewaltige wissenschaftliche Grösse anstaunen gelernt, auch die tiefe, wahrhafte Bescheidenheit und die

sittlich vornehme Gesinnung erregte immer von Neuem seine Bewunderung; er war von der Wahrheit der Worte und Anschauungen überzeugt, denen Helmholtz in jener herrlichen Tischrede Ausdruck geliehen:

„Meine Erfolge sind nur zunächst für mein Urtheil über mich selbst von Werth gewesen, weil sie mir den Maassstab abgaben für das, was ich weiter versuchen durfte, sie haben mich aber, hoffe ich, nicht zur Selbstbewunderung verleitet. Wie verderblich der Grössenwahn übrigens für einen Gelehrten werden kann, habe ich oft genug gesehen und habe deshalb stets mich zu hüten gesucht, dass ich diesem Feinde nicht verfielen. Ich wusste, dass strenge Selbstkritik der eigenen Arbeiten und Fähigkeiten das schützende Palladium gegen dieses Verhängniss ist. Aber man braucht nur die Augen offen zu halten für das, was Andere können, und was man selbst nicht kann, so finde ich die Gefahr nicht gross, und was meine eigenen Arbeiten betrifft, so glaube ich nicht, dass ich je die letzte Correctur einer Abhandlung beendet hatte, ohne nicht 24 Stunden später schon wieder einige Punkte gefunden zu haben, die ich hätte besser oder vollständiger machen können.

Ich weiss, in wie einfacher Weise Alles, was ich zu Stande gebracht habe, entstanden ist, wie die von meinen Vorgängern ausgebildeten Methoden der Wissenschaft mich folgerichtig dazu geführt haben, wie mir zuweilen ein günstiger Zufall oder ein glücklicher Umstand geholfen hat. Aber der Hauptunterschied wird wohl der sein: was ich langsam aus kleinen Anfängen durch Monate und Jahre mühsamer und oft genug tastender Arbeit aus unscheinbaren Keimen habe wachsen sehen, das ist ihnen plötzlich wie eine gewaffnete Pallas aus dem Kopfe des Jupiter vor Augen gesprungen. Ihr Urtheil war durch Ueberraschung beeinträchtigt, meines nicht; mag vielleicht auch oft durch die Ermüdung der Arbeit und durch Aerger über allerlei

irrationelle Schritte, die ich unterwegs gemacht hatte, etwas herabgestimmt gewesen sein.“

Die Trauer, welche sich bei dem Tode von Hertz der naturwissenschaftlichen Welt bemächtigte, spiegelt sich in den Zeilen, welche Boltzmann am 6. Januar 1894 an Helmholtz richtete, bezeichnend für die Verehrung, welche der so jäh entrissene Physiker genossen, aber auch charakteristisch für die Gesinnung des hervorragenden Forschers, der diese Zeilen geschrieben:

„Beim so plötzlichen Tode Hertz' frug ich mich, was hat das deutsche Volk an seinem Sarge zu thun? . . . Wäre es nicht möglich, an den Reichstag eine Petition zu richten, um den Hinterbliebenen Hertz' ein Nationalgeschenk zu votiren? . . . Man müsste die ganz ausserordentliche Tragweite der Entdeckungen Hertz' in Hinsicht unserer ganzen Naturanschauung betonen, und dass dadurch sicher der Forschungsrichtung für lange der einzig richtige Weg gewiesen wurde, dass es ganz ebenso unangebracht wäre, für jeden Forscher, der seine Pflicht thut und das Glück hatte, ein Paar Sätze zu finden (wozu ich z. B. mich zu rechnen wage), etwas Besonderes zu thun, als es unentschuldbar wäre, für Hertz nichts Besonderes zu thun.“

Boltzmann liess sich durch die Antwort von Helmholtz von der Unausführbarkeit der Idee überzeugen.

Am 24. Februar 1894 veröffentlichte Helmholtz die erste Lieferung der wissenschaftlichen Abhandlungen der Deutschen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, „die“, wie Werner von Siemens in seinen Lebenserinnerungen sagt, „unter der Leitung des ersten Physikers unserer Zeit, Hermann von Helmholtz, eine deutsche Heimstätte für die wissenschaftliche Forschung bildet“. Er begleitete diese Lieferung mit einem Vorworte, in welchem er einen geschichtlichen Ueberblick über die Entstehung dieser Anstalt gab; „die- selbe müsse, wie durch die zu der genannten Commission gehörigen Herren Werner von Siemens und Helmholtz

unter Zustimmung der Königl. Akademie der Wissenschaften bei ihrer Gründung hervorgehoben worden war, neben einer mechanisch-technischen auch eine wissenschaftliche Abtheilung fassen, um der ersteren neben den ihr von selbst zufließenden Aufgaben, die nach bekannten Methoden zu lösen waren, auch neue und schwierigere von entsprechender praktischer Wichtigkeit zu stellen, für die es lohnte, grössere Mittel anzuwenden und grössere technische Schwierigkeiten der Ausführung zu überwinden“.

Im Frühjahr suchte Helmholtz Ruhe und Erholung nach den aufreibenden Erlebnissen des vergangenen Jahres in Abbazia. Aber das Schicksal riss unerbittlich im Kreise seiner Bekannten und Freunde immer neue Lücken.

Sein Nachfolger an der Universität für experimentelle Physik war 1888 Kundt geworden. Auch diesen noch im besten Mannesalter stehenden ausgezeichneten Forscher und liebenswürdigen Menschen an einem schweren Herzleiden erkrankt zu wissen, war für Helmholtz ein grosser Kummer. Als Kundt ihm mittheilte, dass er den Wunsch habe, Urlaub zu nehmen, schreibt er ihm, auf der Rückreise begriffen, am 18. April aus Klagenfurt Worte der Theilnahme und des Trostes:

„Ich kann Ihren Entschluss nur billigen, da ich selbst lange gefühlt habe, wie aufreibend es ist, geistige Kräfte und Zeit für ermüdende Geschäfte verwenden zu müssen, während man in sich die Fähigkeit zu höheren Leistungen fühlt und durch die angewiesene Stellung auch eigentlich verantwortlich dafür gemacht ist, dass man dergleichen zu Stande bringe. Ich selbst habe im Beginn meines Berliner Aufenthalts auch eine Zeit durchgemacht, wo ich mich körperlich sehr hinfällig fühlte und an einer schweren Herzkrankheit zu leiden glaubte. Aber ich kam später als Sie nach Berlin und mit abgebrühterem Gewissen, so dass ich es leichtherziger nahm, die zehrendsten Arten der Arbeiten abzuschütteln, und noch verhältnissmässig schnell

und nach kürzerer Pause meine Erholung wieder gewinnen konnte. Ich kann Ihnen daher aus eigener Erfahrung nur rathen, für lange Zeit nur Ihrer Gesundheit zu leben. . . . Abbazia ist nicht gerade amüsan und nicht bequem und leicht zum Leben. Aber es hat sich für unsere Gesundheitszustände doch als sehr vortheilhaft erwiesen. Meine von dem grossen Blutverluste im October zurückgebliebene Schwäche hat sich fast spurlos verloren, und die verletzten Augenmuskeln haben gute Fortschritte in der Gewöhnung an neue Orientirung der Gesichtsbilder gemacht. Nur bei raschen Bewegungen und Drehungen des Körpers habe ich gelegentlich noch Schwindelgefühle. Ich denke in den letzten Tagen des April wieder in Berlin einzutreffen und Sie zu sehen. Wir waren zuletzt noch acht Tage in Venedig bei wunderschönem Wetter und sind jetzt hier bei meinem Schwager und Schwägerin in Kärnten, wo lang ersehnter Regen auch reiches Grün hervorgerufen hat. . . .“

Kaum nach Berlin zurückgekehrt, erhält er die Nachricht vom Tode Kundt's. Er hatte Kundt als Gelehrten und Menschen hochgeschätzt, und liess es sich nicht nehmen, am 21. Mai 1894 an dessen Sarge seinen Gefühlen der tiefen Trauer um den Hingang dieses ausgezeichneten Mannes Worte zu leihen. In den Entwürfen zu dieser Grabrede, welche sich in seinen Aufzeichnungen finden, ist die grosse Aufregung unverkennbar, in der er sich befand — es hatten ihn aber auch in den letzten Jahren gar zu schwere Schicksalsschläge getroffen, der Tod des von ihm so geliebten Sohnes Robert, die stete, Körper und Geist verzehrende Krankheit seines Sohnes Fritz, sein eigener schwerer Unfall auf dem Schiffe, der Tod seines grossen Schülers Hertz und so kurz darauf das plötzliche Hinscheiden des in jugendlicher geistiger und körperlicher Kraft stehenden Collegen und Freundes! Aus dem von ihm benutzten Entwurfe mögen einige Worte hier eine Stelle finden:

„ . . . Diese Einsicht in das Wirken der Natur ist an sich schon die Quelle aller Herrschaft des Menschengeistes über die Natur und damit die Wurzel, aus der sich unendlich praktische Wohlthaten für das Menschengeschlecht entwickeln. Sie hat aber noch eine viel tiefere sittliche Bedeutung. Dieses Arbeiten für die Wissenschaft ist nothwendig eine Arbeit für allgemeine Zwecke der ganzen Menschheit, für Zwecke, die nicht auf ein einzelnes Individuum abgegrenzt, nicht einmal für ein Volk, für einen Welttheil abgegrenzt werden können, sondern nothwendig die Arbeit des Einzelnen zu einer Arbeit für die Zwecke der Menschheit und deren Einsicht machen. Durch sie wird der Einzelne gewöhnt, für ideelle Zwecke zu arbeiten, die innere Befriedigung in sich zu erfahren, welche mit solcher Art der Arbeit verbunden ist, und in ihr seine Freude und seinen Lohn zu finden. Und da das Beispiel idealer Gesinnung viel mehr auf die Jüngeren wirkt als alle Moralpredigt, so ist ein solcher Lehrer auch der beste Erzieher, um die jüngere Generation zu den gleichen Gesinnungen zu erziehen.

Es ist ja der normale Entwicklungsgang der geistigen Cultur des Menschengeschlechts, dass immer frisches Blut als Träger derselben eintreten muss. Die Alten werden müde, ihr Gedächtniss wird unsicherer, wenigstens für neue Anschauungen, damit hört auch die Bildung originaler neuer Gedankencombinationen auf. Nur die alten Erfahrungen bleiben sicher und werden im Gegentheil immer mehr gereinigt von allem Zufälligen und in sich mehr befestigt, so dass Alter und Jugend ihre verschiedenen natürlichen Rollen bei der geistigen Arbeit haben. Unser verstorbenen Freund war vorzugsweise eine jugendliche Natur, lebhaft, eifrig, das Neue schnell ergreifend und umfassend, der Gedanke an ein Aufhören seiner Leistungsfähigkeit drückte ihn nieder Anstrengung aller Kräfte freilich wird hier auf Erden auch dem grössten

Genie nicht erspart, wenn es grosse Ziele erreichen will, und zwischen die Tage freudigen Erfolges schieben sich nothwendig auch solche der Ermüdung, der Abspannung, der Hoffnungslosigkeit, die unternommene Aufgabe lösen zu können. . . .“

Am 28. April wandte sich Lenard mit der folgenden Bitte an Helmholtz:

„. . . Meine Bitte betrifft das Werk von Hertz, „Die Principien der Mechanik“, mit deren Herausgabe er selbst mich noch beauftragt hat. Wie es Ihnen bekannt ist, hat Hertz das Werk in seinen letzten Tagen noch so weit zum Abschluss gebracht, dass er den grösseren Theil desselben noch selbst dem Verleger übergeben konnte. Aber nur unter Bedauern hat er das Manuscript abgesandt, denn er hatte gewünscht, das Buch noch ein halbes Jahr zurückbehalten zu können, um die zweite Hälfte desselben nochmals durchzuarbeiten. . . . Der Wunsch, nichts versäumt und das Beste gethan zu haben für dieses Werk, hat mich nun zu dem Entschlusse gebracht, noch zur rechten Zeit mich an Sie zu wenden mit der Bitte, dass Sie die beiden bezeichneten Stellen gütigst durchsehen und mir Rath ertheilen möchten. Nur auf Ihren Rath hin würde ich mich überhaupt für befugt halten, etwa eine wesentliche Aenderung vorzunehmen. . . .“

Am 21. Mai erwiderte Helmholtz:

„. . . Ich bitte Sie um Verzeihung, dass ich auf Ihre Fragen nicht eher geantwortet habe. Aber seitdem ich von meiner Reise zurückgekommen bin, hatte ich sehr wenig freie Zeit, um ruhige Ueberlegungen über eine so von den bisherigen Wegen abweichende und in sich so scharfsinnig verkettete Sache, wie es diese Schrift von Hertz ist, anzustellen und sie in ihrem Zusammenhange zu verstehen. Ich kann nur sagen: ich fange jetzt an, das Ziel zu begreifen, nach welchem er hinstrebt, aber dies ist erst der Fall seit wenigen Tagen, seit ich die letzte Sendung der Druckbogen erhielt.

Bis dahin hatte ich nicht die leiseste Ahnung, wo er hinstrebte. Unter diesen Umständen kann ich noch nicht unternehmen, eine Kritik des Textes vorzunehmen oder einer solchen zuzustimmen, und nehme an, dass es noch einige Wochen dauern wird, bis ich so weit gekommen sein werde, um eine solche vertreten zu können. Ich begreife ganz die Verlegenheit, in der Sie sich dabei befinden. Aber es scheint mir, dass Sie sich einfach dadurch herausziehen können, ohne sich zu compromittiren, wenn Sie die Ihnen zweifelhaft erscheinenden Stellen im Druck markiren lassen und unter dem Text bemerken: „Auf seine Genauigkeit controllirter Abdruck des Originals.“ Dadurch ist dem Leser angezeigt, dass er hier aufmerksam sein müsse, und dass die Stelle zu Bedenken Veranlassung geben könne . . .“

Helmholtz vertiefte sich nun in das Studium der Hertz'schen Mechanik und schrieb zu diesem so eigenartig wunderbaren Werke im Juli 1894 ein Vorwort, das uns wieder einen tiefen Einblick in seine eigenen Anschauungen über die Entwicklung der Mechanik gewährt.

Nachdem er in der früher angedeuteten Weise den Stand der Elektrizitätslehre gekennzeichnet, zur Zeit als Hertz in deren Entwicklung eingriff, und dessen grosse physikalische Entdeckungen gepriesen hatte, sagt er:

„Wie sehr das Nachsinnen von Hertz auf die allgemeinsten Gesichtspunkte der Wissenschaft gerichtet war, zeigt auch wieder das letzte Denkmal seiner irdischen Thätigkeit, das vorliegende Buch über die Principien der Mechanik. Er hat versucht, darin eine consequent durchgeführte Darstellung eines vollständig in sich zusammenhängenden Systems der Mechanik zu geben und alle einzelnen besonderen Gesetze dieser Wissenschaft aus einem einzigen Grundgesetz abzuleiten, welches logisch genommen natürlich nur als eine plausible Annahme betrachtet werden kann. Er ist dabei zu den ältesten theoretischen Anschauungen zurückgekehrt, die man eben deshalb auch

wohl als die einfachsten und natürlichsten ansehen darf, und stellt die Frage, ob diese nicht ausreichen würden, alle die neuerdings abgeleiteten allgemeinen Principien der Mechanik consequent und in strengen Beweisen herleiten zu können, auch wo sie bisher nur als inductive Verallgemeinerungen aufgetreten sind.“

Helmholtz hebt hervor, dass die Principien der Mechanik sämtlich entwickelt worden sind unter der Voraussetzung von Newton's Attributen der von der Zeit unabhängigen, also auch conservativen Anziehungskräfte zwischen materiellen Punkten und der Existenz fester Verbindungen zwischen denselben, und nur unter dieser Annahme waren sie gefunden und bewiesen worden.

„Man hat dann später durch Beobachtung gefunden, dass die so hergeleiteten Sätze eine viel allgemeinere Geltung in der Natur in Anspruch nehmen durften, als aus ihrem Beweise folgte, und hat demnächst gefolgert, dass gewisse allgemeine Charaktere der Newton'schen conservativen Anziehungskräfte allen Naturkräften zukommen, vermochte aber diese Verallgemeinerung aus einer gemeinsamen Grundlage nicht abzuleiten.“

Er hebt nun hervor, dass Hertz eine solche Grundanschauung zu finden bestrebt war, dass er, um eine vollkommen folgerichtige Ableitung aller bisher als allgemeingültig anerkannten Gesetze der mechanischen Vorgänge zu geben, als einzigen Ausgangspunkt die Anschauung der ältesten mechanischen Theorien gewählt hat und alle mechanischen Prozesse so vor sich gehen lässt, als ob alle Verbindungen zwischen den auf einander wirkenden Theilen feste wären, indem er zur Erklärung der Kräfte zwischen nicht in unmittelbarer Berührung mit einander befindlichen Körpern die Hypothese zu Hülfe nimmt, dass es eine grosse Anzahl unwahrnehmbarer Massen und unsichtbarer Bewegungen gebe. Die Einschaltung Helmholtz'scher cyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen wollte Hertz

für die Ausführung von Beispielen verwenden, beruhte doch der ganze Aufbau seiner Mechanik auf dem von Helmholtz gelegten Fundamente — doch war durch den Tod dieses genialen Forschers die Entwicklung der Mechanik nach dieser Seite hin vielleicht für lange Zeit verhindert.

„Englische Physiker, wie Lord Kelvin in seiner Theorie der Wirbelatome und Maxwell in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotirendem Inhalt, die er seinem Versuche einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zu Grunde gelegt hat, haben sich offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt als durch die blosse allgemeinste Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muss gestehen, dass ich selbst bisher an dieser letzten Art der Darstellung festgehalten und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker wie die drei genannten eingeschlagen haben, keine principiellen Einwendungen erheben. Freilich werden noch grosse Schwierigkeiten zu überwinden sein bei dem Bestreben, aus den von Hertz entwickelten Grundlagen Erklärungen für die einzelnen Abschnitte der Physik zu geben. Im ganzen Zusammenhange aber ist die Darstellung der Grundgesetze der Mechanik von Hertz ein Buch, welches im höchsten Grade jeden Leser interessiren muss, der an einem folgerichtigen System der Dynamik, dargelegt in höchst vollendeter und geistreicher mathematischer Fassung, Freude hat. Möglicherweise wird dieses Buch in der Zukunft noch von hohem heuristischen Werth sein als Leitfaden zur Entdeckung neuer allgemeiner Charaktere der Naturkräfte.“

Noch am 14. Juni trug Helmholtz in der Akademie den Inhalt einer Arbeit vor, welche „Nachtrag zu dem Aufsatz: Ueber das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik“ betitelt war, und die erst nach seinem

Tode auf Grund seiner schriftlichen Aufzeichnungen von Planck veröffentlicht wurde.

Die im Jahre 1892 der Akademie vorgelegte Arbeit über das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik hatte zu grossen mathematischen Complicationen geführt, und Helmholtz war seit dieser Zeit fast unaufhörlich mit dem Gedanken beschäftigt, durch eine grössere Vereinfachung in der Ausführung der Variationen dem Problem, so wie er es gefasst hatte, eine grössere Klarheit und Durchsichtigkeit zu geben. Er wollte eine vollständige Umarbeitung seiner Untersuchungen für den dritten Band seiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ bewerkstelligen, und eine einfachere und übersichtlichere Darstellung des für die Elektrodynamik in Frage kommenden kinetischen Potentials und der Variation des zugehörigen Hamilton'schen Integrales sollte ihm den Weg bahnen zur Ausdehnung des Principes der kleinsten Wirkung auf alle Kräfte der Natur. Wiederholte einleitende Ueberlegungen finden sich in seinem Nachlasse vor, welche zur Einführung in gross angelegte Arbeiten bestimmt waren, und es mögen zur erneuten Orientirung hier nur die ersten Blätter einer „Die Elektrodynamik, unter Faraday's Hypothese zusammengefasst in Hamilton's Form“ betitelten Aufzeichnung eine Stelle finden, welche wahrscheinlich den ersten Entwurf einer Einleitung zu der im Jahre 1886 veröffentlichten Arbeit „Ueber die physikalische Bedeutung des Principes der kleinsten Wirkung“ bildete und wenigstens bis zur Einführung des Hamilton'schen Integrales allgemeiner verständlich ist:

„Meine Untersuchungen über die Mechanik der monocyclischen Systeme führten mich zur Betrachtung allgemeinerer Formen, welche die in Lagrange's und Hamilton's Darstellungsweisen der Mechanik vorkommende charakteristische Function annehmen kann. In ihrer ursprünglich von Lagrange gegebenen Form ist diese

Function die Differenz zwischen der potentiellen Energie und der lebendigen Kraft des betreffenden mechanischen Systems. Der Werth der potentiellen Energie hängt nur von der augenblicklichen Lage der einzelnen Theile des Systems ab, die lebendige Kraft dagegen ist eine homogene Function zweiten Grades der nach der Zeit genommenen Differentialquotienten der die Lage des Systems bestimmenden Coordinaten. Durch die in meinen vorgenannten Abhandlungen erörterten Umstände kann die charakteristische Function aber ziemlich abweichende Formen erhalten.

Dies veranlasste mich nachzusehen, wie es sich in dieser Beziehung mit der Elektrodynamik verhalte. Die Wirkungen der elektromagnetischen und elektrodynamischen Kräfte sind scheinbar ganz abweichend von denen, die wir aus der Dynamik der wägbaren Massen kennen. Es liess sich hoffen, dass in einer vollständigen und kurzen Zusammenfassung aller Wechselwirkungen des betreffenden Gebietes von Erscheinungen, wie sie in Hamilton's Variationsproblem gegeben ist, sich auch das Wesen des Unterschiedes in seinen charakteristischen Zügen zeigen müsse.

Dass die Zurückführung der Elektrodynamik auf eine dem Hamilton'schen Principe entsprechende Form möglich sei, war schon durch drei verschiedene Darstellungsformen der Elektrodynamik nachgewiesen, und für geschlossene Ströme stimmten alle drei unter einander, sowie mit den beobachteten Thatsachen vollkommen gut überein. Die älteste war die von Herrn F. E. Neumann (dem Vater) zunächst für beschränkte Fälle hingestellte und von mir selbst verallgemeinerte sogenannte Potentialtheorie. Herr Neumann hatte von Anfang an die ponderomotorischen, wie die elektromotorischen Kräfte starrer linearer Stromleiter in der von Lagrange gegebenen Form ausgedrückt. Darin entsprechen die Stromintensitäten den Geschwindigkeiten, aber, was wohl zu beachten ist, sie sind relative Geschwindigkeiten der Elektrizität gegen die wäg-

bare Substanz des Leiters. Die die lebendige Kraft der elektrischen Bewegung vertretende Function ist wie in der Dynamik der wägbaren Körper eine homogene Function zweiten Grades der Stromintensitäten, die vollständig analog gebildet ist den für vollständige polycyclische Systeme aufzustellenden Formen.

Die Potentialtheorie war in vollständiger Uebereinstimmung mit dem Gesetze von der Constanz der Energie und dem von der Gleichheit der Action und Reaction, aber in ihrer damaligen Gestalt, wo sie als elektrische Bewegungen nur die elektrischen Ströme in Leitern und nicht die diëlektrischen Vorgänge in Isolatoren berücksichtigte, kam sie in Widerspruch mit dem Erfolg von Versuchen über die Induction im ungeschlossenen Kreise, welche ich selbst zur Prüfung ihrer Folgerungen anstellte, und ebenso mit denen, die Herr Rowland im Berliner Laboratorium über die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection ausführte.

Ausserdem ist zu erwähnen, dass Herr W. Weber die von ihm angenommenen Fernkräfte zwischen bewegten elektrischen Quantis, die von der relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängig sein sollten, auf Lagrange's Form zurückgeführt hat, und dass Herr Clausius direct von einer solchen Form ausgegangen ist, um die Werthe der Kräfte zu entwickeln. Die beiden Hypothesen sind für geschlossene Ströme in vollständiger Uebereinstimmung mit Ampère's und F. E. Neumann's Gesetzen und führen für solche auch nicht auf Widersprüche gegen das Gesetz von der Constanz der Energie, noch das von der Gleichheit der Action und Reaction. Ersteres geschieht aber nach der Hypothese von Herrn W. Weber, letzteres nach der von Herrn Clausius, sobald sie auf ungeschlossene Ströme angewendet werden, weil die von ihnen angenommenen Elementarkräfte selbst diesen Principien widersprechen.

Faraday's Betrachtungsweise der elektrischen und

magnetischen Erscheinungen dagegen bietet einen Ausweg aus diesen Widersprüchen. Dass sich auch in Isolatoren der elektrische Zustand verändert, sobald sie der Einwirkung elektrostatischer Kräfte ausgesetzt werden, indem in ihnen diëlektrische Polarisirung eintritt, hat er thatsächlich nachgewiesen, ebenso wie die Magnetisirbarkeit aller bekannten Substanzen. Dass die von ihm vorausgesetzten ponderomotorisch wirksamen Spannungen und Drucke in den diëlektrisch polarisirten Substanzen wirklich bestehen, ist jetzt durch eine Reihe von experimentellen Untersuchungen constatirt. Die Frage ist nur, wie stark diese inneren Kräfte diëlektrisch und magnetisch polarisirter Substanzen sind im Vergleich zu den ursprünglich angenommenen Fernkräften. Durch alle bekannten Versuche können wir immer nur das Verhältniss zwischen den magnetischen Constanten und das Verhältniss zwischen den elektrischen Constanten verschiedener Substanzen ermitteln. Dass in dem raumfüllenden Aether alle elektrischen und magnetischen Wirkungen nur durch Fernkräfte übertragen werden, nicht auch theilweise oder vielleicht auch ganz durch solche Spannungen und Drucke, wie wir sie in elektrisirten und magnetisirten wägbaren Substanzen kennen, ist eine Hypothese, über die wir keine experimentelle Entscheidung gewinnen können. Ich habe am Schlusse meiner der Akademie am 17. Februar 1881 mitgetheilten Arbeit nachgewiesen, wie der Uebergang aus Poisson's Theorie auf Faraday's und Maxwell's, welche von den Fernkräften ganz absieht, gewonnen werden kann.

Für die Elektrodynamik ist nun Faraday's Hypothese insofern entscheidend, als in ihr alle ungeschlossenen Ströme wegfallen. Ein solcher Strom muss die Enden seines Leiters mit freier Elektrizität laden, diese wirkt auf die zwischen den Enden des Leiters liegende isolirende Substanz und bringt in dieser diëlektrische Polarisirung hervor, welche genau so lange und in dem Verhältniss an Stärke zunehmen

muss, als der Strom dauert und fortfährt, freie Elektrizität heranzutreiben. In den sich polarisirenden Molekeln des Isolators bewegt sich die positive Elektrizität von dem positiv geladenen Ende des Leiters fort gegen das negative hin, die negative Elektrizität umgekehrt, und so bildet diese Entstehung und Steigerung der Polarisation des Diëlektricums eine Fortsetzung des Stromes im Leiter, der unter diesen Umständen natürlich nur einen Moment dauern kann, und zwar ist unter Faraday's Hypothese der Strom im Diëlektricum eine vollständig äquivalente Fortsetzung und Schliessung jenes Stromes.“

Dieser Einleitung folgen mathematische Entwicklungen, welche in seiner grossen Arbeit vom Jahre 1892 eine weitere Ausführung gefunden haben.

Aber immer brechen alle diese Versuche ab, wenn die Darstellung der in dieser Arbeit überwundenen grossen mathematischen Schwierigkeiten zur Klarheit und Darlegung der wahren Bedeutung der complicirten Rechnungen geführt werden soll — und anders konnte er den Weg nicht erkennen, den die Natur selbst ihn zur Ausgestaltung seiner tiefen Gedanken führen sollte. In der am 14. Juni 1894 der Akademie vorgelegten Arbeit gelang es ihm, sich dem Ziele, das er sich gesteckt, schon mehr zu nähern.

Helmholtz hatte früher die von Maxwell und Hertz aufgestellten Gesetze der Elektrodynamik in eine verallgemeinerte Form des Principis der kleinsten Wirkung zusammengefasst und die Frage auf die Entscheidung zurückgeführt, ob der bekannte Werth der gesammten Energie der elektromagnetischen Vorgänge mit dem von Maxwell angegebenen System der ponderomotorischen Kräfte zusammenpasst oder noch den Zusatz einer nach den Geschwindigkeiten linearen Function verlangt. Es waren aber, wenn die ponderomotorischen Kräfte aus dem genannten Princip hergeleitet werden sollen, bei der von ihm gegebenen Darstellung

Variationen nach den Coordinaten und nach den entsprechenden Geschwindigkeitscomponenten herzuleiten, die zu sehr verwickelten Rechnungen führten. Eine einfachere und übersichtlichere Methode der Lösung des Problems, welche diese rein formalen Schwierigkeiten zu beseitigen bestimmt war, sollte den Inhalt der unvollendet gebliebenen Arbeit bilden, deren Ergebniss, wie er angiebt, seine frühere Untersuchung bestätigt hat.

Es findet sich noch aus dem Juni eine kurze Aufzeichnung vor, welche sich auf diese Frage bezieht und das Ziel seiner Untersuchung etwas klarer formulirt, betitelt „Weitere Untersuchungen über die Vollständigkeit der unbekanntenen elektrodynamischen Kräfte“:

„In meinem der Akademie unter dem 10. März 1892 vorgelegten Aufsätze habe ich versucht, das von Maxwell aufgestellte System der elektrodynamischen Kräfte darauf hin zu prüfen, ob sich dasselbe unter eine Ausdrucksform bringen lässt, welche dem Princip der kleinsten Wirkung entspricht, wenn man letzteres Princip in seiner weiteren Form nimmt, die nur verlangt, dass sich eine bestimmte Function der den gegenwärtigen Zustand des Systems bestimmenden Grössen und ihrer Aenderungsgeschwindigkeiten finden lässt, deren Integral über die Zeit und alle Massen des Systems genommen die Bewegungsgleichungen desselben ergibt, wenn man die Bedingungen aufsucht, welche erfüllt werden müssen, damit die Variation des genannten Integrales zwischen gegebenen Anfangs- und Endzuständen gleich Null wird.

Es gelang mir auch damals, eine Form des kinetischen Potentials und Gleichungen für die Darstellung der eigenthümlichen Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Polarisationen zu finden, die der gestellten Aufgabe zu entsprechen schienen; sie ergaben das System der Maxwell'schen Gleichungen sowohl in Bezug auf die elektrischen als auch magnetischen und ponderomotorischen

Kräfte. Wenn man also diese verschiedenen Arten von Kräften durch die bisherigen Untersuchungen als ausreichend bekannt betrachten durfte, so war zunächst kein Grund, an der Richtigkeit des gefundenen kinetischen Potentials zu zweifeln.

Nun hatten aber meine früheren Untersuchungen über den physikalischen Sinn des Princips von der kleinsten Wirkung schon gezeigt, dass die Aufgabe, aus dem Werthe der Energie die Form des kinetischen Potentials herzuleiten, nicht eindeutig gelöst werden kann, dass dabei vielmehr eine unbekanntere lineare Function der Geschwindigkeiten zum kinetischen Potential hinzutreten kann, welche sich aus dem Werthe der Energie weghebt, wohl aber Einfluss auf die Werthe der Kraftcomponenten hat. Die von mir damals gefundene Form des elektrokinetischen Potentials erhielt nun in der That eine solche lineare Function der Geschwindigkeiten, deren Richtigkeit nicht verbürgt erschien, da die Ergebnisse der älteren Versuche allerdings über die grösseren Energievorräthe der elektrischen und magnetischen Bewegungen ausreichenden Aufschluss gaben, aber nicht über die schnell vorübergehenden schwachen Kräfte elektrischer Oscillationen, wie sie namentlich in metallisch nicht geschlossenen Stromkreisen vorkommen können.

Mein späterer Aufsatz vom 6. Juli 1893 zeigt nun in der That, dass die elektrodynamischen Kräfte, die Maxwell bekannt waren und von ihm in seiner Theorie berücksichtigt worden sind, kein System bilden, deren Kräfte sich gegenseitig ebenso im Gleichgewicht halten, wie bei den Bewegungen schwerer Systeme die der Beschleunigung entgegengesetzten Kräfte des d'Alembert'schen Princips den übrigen Bewegungskräften des bewegten Systems auch während der Bewegung fortdauernd das Gleichgewicht halten. Sie würden es thun, wenn man allen Theilen des bewegten elektromagnetischen Aethers einen endlichen Grad von Trägheit zuschreiben dürfte.

Für die Mechanik eines solchen Aethers treten dann die Schwierigkeiten ein, die ich in jenem Aufsätze hervorgehoben habe. Nach den von Hertz ausgeführten Messungen der Inductionsströme muss die Trägkeit der bewegten Elektrizität selbst in metallischen oder elektrolytischen Leitern viel kleiner gesetzt werden, als die irgend einer uns bekannten ponderablen Masse, wenn nicht im strengen Sinne gleich Null. Massen von verschwindender Trägheit würden aber durch jede endliche Bewegungskraft, die nicht durch eine gleich grosse entgegengesetzte im Gleichgewicht gehalten wird, in unendlich schnelle Bewegung gerathen und würden also eine unmögliche Mechanik ergeben. Unter diesen Umständen schien es mir nothwendig, zu untersuchen, ob nicht andere Annahmen über den mechanischen Zusammenhang des Aethers gemacht werden könnten, welche ein brauchbareres Resultat ergeben.

Die in meiner Abhandlung über das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik enthaltenen Hypothesen über den gegenseitigen Einfluss bewegter Aethermassen knüpfen sich an zwei Beobachtungsthatsachen,

1. den Satz, dass die in einer geschlossenen Linie inducirte magnetische Gesamtkraft unverändert bleibt, so lange die Anzahl und Intensität der elektrischen Stromfäden, welche durch das Innere der genannten geschlossenen Linie hindurchgehen, constant bleibt,
2. den entsprechenden Satz für die elektrisch inducirte Kraft in geschlossener Bahn, welche durch magnetische Stromfäden hervorgerufen wird, die durch das Innere der Bahn hindurchgehen.

Auf diese Weise bestimmen sich die Variationen der elektrischen und magnetischen Kräfte, die durch die Aenderungen der Lage und Polarisation der benachbarten Aethervolumina bedingt werden, ganz unzweideutig aus den beobachteten physikalischen Erscheinungen. Die Kenntniss dieser Variationen genügt aber, um die Aenderungen der

elektrischen und magnetischen Kräfte abzuleiten, wie dies in dem Aufsatz geschehen ist.

Sobald wir aber zu der Vorstellung übergehen, dass die Aethervolumina selbst ihren Platz, ihre Grösse und Form verändern können und gegenseitig dabei mechanische Kräfte auf einander ausüben, die ihre Bewegungsweise ändern können, so hängt die Berechnung dieser Kräfte von der Kenntniss der Variationen der Lage der Massenpunkte des Aethers ab, über welche bisher noch keine Festsetzung gemacht ist, und es musste also noch eine Form der Hypothese für dieselben gesucht werden, welche zu einem in sich consequenten System der Mechanik führt.

Die in dem Aufsatz von 1893 gemachte Annahme dieser Art schliesst sich ihrer analytischen Form nach den beiden für die elektrischen und magnetischen Kräfte hingestellten an und führte zu einem Resultat, was mit Maxwell's Annahmen für die Werthe auch der ponderomotorischen Kräfte von mechanischen Systemen, in denen Elektrizität und Magnetismus sich bewegt, vollständig übereinstimmte, und schien also in dieser Beziehung ein sehr befriedigendes Resultat zu ergeben.

Da ich aber erkannte, dass der einen Voraussetzung über die Variationen der Kräfte durch strömenden Aether die physikalische Begründung fehlte, wie sie für die Variationen der elektrisch und magnetisch inducirten Kräfte im ruhenden Aether sich sicher geben lässt, so sah ich mich veranlasst, nach Abänderung dieses Theiles der Theorie zu suchen, und fand in der That einen Weg, die besprochenen Schwierigkeiten zu beseitigen, und zwar einfach durch die Annahme, dass keine andere Art von Variation der Kräfte existirt als die durch die schon erwähnten Formänderungen der Volumenelemente hervorgerufenen.

Diese geänderte Annahme führt auch zu einer sehr viel einfacheren und viel übersichtlicheren Ableitung des Werthes der ponderomotorischen Kräfte.“

Auch in diesem Entwurfe bricht die folgende mathematische Untersuchung mitten in der Entwicklung ab, wie in der oben besprochenen Mittheilung in der Akademie. Aber sein Geist blieb unaufhörlich mit der Durchforschung dieser so überaus schwierigen Materie beschäftigt.

Am Sonntag, den 9. Juli, an welchem Tage er sich bei seiner Tochter in Wannsee die Correctur zur Vorrede von Hertz's Mechanik hatte vorlesen lassen, fand ihn diese, nachdem sie in der Absicht, mit ihm eine Ausfahrt zu machen, ihn lange Zeit vergeblich im ganzen Hause gesucht hatte, an einem stillen Fenster sitzend, sein kleines Notizbuch und Bleistift in Händen, in Gedanken vertieft. „Sein Auge leuchtete und eine auffallende Freudigkeit lag auf seinem Wesen.“ Er äusserte, dass er an diesem Tage Glück gehabt und etwas gefunden habe, was er und seit langer Zeit viele vor ihm gesucht haben; er werde aber vor Mittwoch keine Zeit finden, seine Gedanken aufzuzeichnen, die er dann am Donnerstag der Akademie vorlegen wolle. Am 10. schwankte er wieder, ob wohl alles in seiner Ueberlegung richtig sei — aber er blieb bis zu seinem Tode in dem Banne der Vorstellung, dass alle Erscheinungen der Natur dem Princip der kleinsten Wirkung in der von ihm gegebenen ganz allgemeinen Form unterworfen seien, eine Anschauung, die auch Hertz von ihm übernommen und über deren Allgemeingültigkeit erst die Zukunft entscheiden wird.

Noch während des Sommers erschien in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane eine Arbeit von Helmholtz, betitelt „Ueber den Ursprung der richtigen Deutung unserer Sinneseindrücke“, welche dann von ihm selbst noch für die im Erscheinen begriffene zweite Auflage des Handbuchs der Physiologischen Optik umgearbeitet wurde; die Schlusslieferungen derselben erschienen erst im folgenden Jahr.

Diese letzte Arbeit physiologisch-psychologischer Natur

ist deshalb von so hohem Interesse, weil sie die Anschauungen von Neuem darlegt und begründet, welche er in seinen ersten Königsberger Arbeiten gewonnen, und weil er am Ende seines forschungsreichen Lebens sich von Neuem als treuer Anhänger der empiristischen Theorie erweist, ohne der nativistischen in gewissen Umgrenzungen ihre Berechtigung abzusprechen. Aber nach jeder Richtung hin bleibt er ein entschiedener Gegner jeglicher metaphysischer Speculation. Schon früher hatte er in herrlicher Ironie die verschwommene Nachahmung des Gesetzes der kleinsten Wirkung abgewiesen, wodurch der „Schopenhauer'sche Pessimismus, welcher diese Welt zwar für die beste unter den möglichen Welten, aber für schlechter als gar keine erklärt, zu einem angeblich allgemein gültigen Princip von der kleinsten Summe der Unlust formulirt und dieses als oberstes Gesetz der Welt, der lebenden wie der leblosen, proclamirt werden sollte“. Aber er verwahrt sich bei einer anderen Gelegenheit gegen den Vorwurf, dass man seine Gegnerschaft gegen jede, wie auch immer geartete metaphysische Speculation etwa auf das Gebiet philosophischer Forschung überhaupt übertrage:

„Indem ich den Namen der Metaphysik hier auf diejenige vermeintliche Wissenschaft beschränke, deren Zweck es ist, durch reines Denken Aufschlüsse über die letzten Principien des Zusammenhanges der Welt zu gewinnen, möchte ich mich nur dagegen verwahren, dass das, was ich gegen die Metaphysik sage, auf die Philosophie überhaupt bezogen werde. Mir scheint, dass nichts der Philosophie so verhängnissvoll geworden ist, als ihre immer wiederholte Verwechslung mit der Metaphysik. Letztere hat der ersteren gegenüber etwa dieselbe Rolle gespielt, wie die Astrologie neben der Astronomie. Die Metaphysik war es, welche hauptsächlich die Augen des grossen Haufens der wissenschaftlichen Dilettanten auf die Philosophie gerichtet und ihr Schaaren von Schülern und Anhängern zugeführt hat, freilich viel-

fach solche, die ihr mehr schadeten, als die erbittertsten Gegner hätten thun können. Es war die täuschende Hoffnung, auf einem verhältnissmässig schnellen und mühelosen Wege Einsicht in den tiefsten Zusammenhang der Dinge und das Wesen des menschlichen Geistes, in die Vergangenheit und Zukunft der Welt erlangen zu können, worin das aufregende Interesse beruhte, das so viele dem Studium der Philosophie zuführte, ebenso wie die Hoffnung, Vorhersagungen für die Zukunft zu gewinnen, ehemals der Astronomie Ansehen und Unterstützung verschaffte. Was die Philosophie uns bisher lehren kann oder bei fortgesetztem Studium der einschlagenden Thatsachen uns einst wird lehren können, ist zwar vom höchsten Interesse für den wissenschaftlichen Denker, der das Instrument, mit dem er arbeitet, nämlich das menschliche Erkenntnisvermögen, nach seiner Leistungsfähigkeit genau kennen lernen muss. Aber zur Befriedigung dilettantischer Wissbegier oder, was noch mehr in Betracht kommt, menschlicher Eigenliebe, werden diese strengen und abstracten Studien wohl auch in Zukunft nur geringe und schwer zu hebende Ausbeute liefern, gerade so wie die mathematische Mechanik des Planetensystems und die Störungsrechnungen trotz ihrer bewunderungswürdigen systematischen Vollendung viel weniger populär sind, als es die astrologische Aetherweisheit alter Zeit gewesen ist.“

Und auf diesen, fast zwanzig Jahre zuvor klar gekennzeichneten Standpunkt stellt er sich nun in dem für seine physiologische Optik völlig umgearbeiteten Abschnitte „Von den Wahrnehmungen im Allgemeinen“.

Indem er hier wieder seine schon vor fünfzig Jahren aufgestellten Anschauungen über Nativismus und Empirismus näher ausführt, erläutert er an dem Beispiel von der Erlernung einer Sprache, dass wir durch häufige Wiederholungen gleichartiger Erfahrungen dazu gelangen können, eine regelmässig immer wieder eintretende Ver-

bindung zwischen zwei verschiedenen Perceptionen herzustellen und mehr zu befestigen, die ursprünglich gar keinen natürlichen Zusammenhang zu haben brauchen. Am ausnahmslosesten wird eine Verbindung zweier Beobachtungsthatsachen sich immer wiederholen, wenn dieselbe durch ein Naturgesetz gefordert wird, welches entweder die Gleichzeitigkeit oder die regelmässige Aufeinanderfolge derselben in bestimmter Frist verlangt. Er geht wiederum ausführlich auf den schon früher hervorgehobenen Gegensatz zwischen der Kenntniss eines Objectes, vermöge welcher wir ein durch sinnliche Eindrücke gegebenes Anschauungsbild desselben in uns tragen, zu dem in Worte zu fassenden Wissen ein und erläutert diese Gegensätze durch die verschiedensten Beispiele aus der physiologischen Optik. Nach genauer Definition der Begriffe: Anschauen und Denken wird er naturgemäss auf seine schon viel früher aufgestellte Theorie der Inductionsschlüsse und unbewussten Schlüsse geführt, auf die falschen Inductionen und Sinnestäuschungen, und geht auf interessante Betrachtungen über den Grad der Täuschung ein, wobei der Begriff der Aufmerksamkeit schon nach seinen frühesten Arbeiten eine wesentliche Rolle spielt.

„Das Endergebniss der angeführten Ueberlegungen und Erfahrungen glaube ich dahin zusammenfassen zu dürfen:

1. Als Wirkungen angeborener Organisation finden wir beim Menschen Reflexbewegungen und Triebe, letztere die Gegensätze des Wohlgefallens an einzelnen Eindrücken, des Missfallens gegen andere umschliessend.
2. Bei der Bildung von Anschauungen spielen Inductionsschlüsse, gewonnen durch unbewusste Arbeit des Gedächtnisses, eine hervorragende Rolle.
3. Es erscheint zweifelhaft, ob im Vorstellungskreise der Erwachsenen überhaupt Kenntnisse vorkommen, die eine andere Ursprungsquelle erfordern.“

Am 11. Juli war er noch völlig geistig frisch. Nachdem

er am 12. Mai dem Vorsitzenden der Peter-Wilhelm-Müller-Stiftung, Herrn August Müller in Frankfurt a. M., zur Uebernahme der Preisrichterstellen bei der Vertheilung eines Preises von 15 000 Mark Lipschitz und mich vorgeschlagen, sandte er noch am 11. Juli Vormittags folgenden Brief an mich ab:

„Verehrter Freund, ich habe durch Dr. Hans Müller, einen der Curatoren der Peter-Müller-Stiftung, erfahren, dass Sie eingewilligt haben, die Stellung als Preisrichter für die in diesem Jahre zu ertheilende Vergebung eines mathematischen oder mathematisch-physikalischen Preises zu übernehmen. Ich erlaube mir Ihnen als den mit dem Preise zu Krönenden den im Anfang dieses Jahres verstorbenen Heinrich Hertz vorzuschlagen. Was die Grösse seiner Entdeckungen und deren wissenschaftliche Durchführung betrifft, so glaube ich ihn allen Zeitgenossen voranstellen zu müssen. Der Umstand, dass er gestorben ist, schliesst, soweit ich aus den Statuten erkennen kann, die Ertheilung des Preises nicht aus, auch reichte sein Leben noch in dieses Jahr hinein. Ich habe darüber auch den vorgenannten Dr. Hans Müller befragt, der derselben Meinung war, und dem mein Vorschlag zu gefallen schien, er wollte nur keine definitive Antwort ohne Rücksprache mit den anderen Curatoren geben.

Wenn Sie dem Vorschlage zustimmen, der mir auch eine Schuld unserer Nation zu tilgen scheint, insofern Hertz während seines Lebens von den deutschen Landsleuten viel weniger geehrt worden ist, als vom Auslande, viel weniger jedenfalls, als seinen Verdiensten entsprach, so können wir die Abstimmung kurz schriftlich abmachen. Haben Sie Zweifel oder wollen Sie einen anderen Vorschlag machen, so bitte ich Sie, es mich wissen zu lassen. Wir müssen dann eine Zusammenkunft verabreden, wozu ich Bonn vorgeschlagen möchte, da Lipschitz von uns dreien das Reisen wohl am schlechtesten verträgt.

Ich bleibe noch bis 2. August hier, gehe dann nach Gastein, Mitte September nach Wien zur Naturforscherversammlung. Unser Endurtheil wünscht man nur vor Ablauf des Jahres zu haben.

Darf ich Sie bitten, mich zu benachrichtigen, welche Zeit Ihnen am besten passen würde. . . .“

Lipschitz und ich stimmten dem Vorschlage von Helmholtz zu — unsere Antworten konnte er sich nur noch vorlesen lassen. Das Curatorium musste auf Grund der Statuten im Beginn des nächsten Jahres den Vorschlag ablehnen, Lipschitz trat aus Gesundheitsrücksichten aus der Commission; auf Wunsch des Curatoriums schlug ich als Mitglieder der Commission Warburg und Planck vor, und Weierstrass erhielt auf unsern Vorschlag den Preis.

Am 11. Juni — am Abend desselben Tages, an welchem Helmholtz mir geschrieben — begleitete er seine Tochter und deren Kinder an den Zug, der sie für die Ferienzeit nach Holland bringen sollte. „Sein letzter scheidender Blick, der voll tiefer Bewegung sich an die Seinen klammerte, wirkte auf Alle, die ihn geschaut, wie eine Vorahnung grosser Schicksalsstunden.“

„Am Morgen des 12.“, schreibt mir Wachsmuth, „wurde ich aus der Reichsanstalt geholt. Helmholtz war über den Hausflur gegangen, hatte plötzlich nicht weiter gekonnt, der Diener war zugesprungen, hatte ihn noch in seine Stube führen können und auf das Sofa gelegt. Die Bewegungslosigkeit hatte, offenbar durch eine um sich greifende Zerstörung bei der Gehirnblutung, langsam zugenommen. Am Vormittag sprach er noch ruhig über alle zu verändernden Dispositionen, ich schrieb noch eine Reihe von Briefen in seinem Auftrage. Der erste Arzt, der kam, war Bardeleben, ihm folgten Gerhardt und Leyden, doch war Helmholtz zu sehr selbst Mediciner, um nicht die Sachlage völlig zu übersehen. Dann folgten wirre, wie klare Zeiten, mühsamste Pflege, Erinnerungen an Amerika

und den Niagarafall, schliesslich eine doch deutlich erscheinende Besserung.“

Am 18. Julischreibt Frau von Helmholtz ihrer Schwester:

„ . . . Seine Gedanken gehen wirr durch einander, Wirklichkeit und Traumleben, Wünsche und Geschehenes, Ort und Zeit sind in nebelhafter schwankender Bewegung vor seiner Seele — meist weiss er nicht, wo er ist — glaubt auf Reisen, in Amerika, auf dem Schiffe zu sein. Die Bilder vom Niagara musste ich herannehmen lassen . . . Es ist immer, als wäre seine Seele weit, weit weg, in einer schönen edlen Sphäre, wo nur Wissenschaft und ewige Gesetze herrschen — dann stimmt das mit nichts, was ihn umgiebt, und er wird unklar und irre . . .“

Mit einem Funken von Hoffnung konnte am 31. August sein Geburtstag gefeiert werden; „er freute sich der festlicheren Stimmung, welche an diesem letzten lichterem Tage durch sein Haus zog, wenn auch der Druck des nahenden Verhängnisses alle erzittern liess, welche aus- und eingingen.“ Schon am folgenden Tage wurde er matter, sprach angstvoll von Pensionirung und beruhigte sich erst, als seine Frau ihm erzählte, dass der Unterstaatssecretär von Rottenburg an seinem Geburtstage zu ihnen gekommen sei und erklärt habe, der Kaiser werde nie in seine Pensionirung willigen.

Die folgenden Tage brachten erneute Lähmungserscheinungen; es begann eine Reihe schwerer Tage und Nächte, in denen sich das Erlöschen der Lebenskräfte vollzog — bis nach den unsäglichen Leiden der letzten Tage am 8. September Nachmittags um 1 Uhr 11 Minuten das Ende eintrat.

Am Sterbebette weilten die Gattin, die Söhne des Verstorbenen, seine Tochter nebst ihrem Gatten, Frau Johannes, Wachsmuth und die behandelnden Aerzte Professor Renvers, Dr. Bein und Dr. Kirchhoff, der Sohn

des vor ihm hingegangenen Freundes. Professor Renvers constatirte den eingetretenen Tod.

„Sein früher Tod, der ihn aus voller Schaffenskraft hinweggerafft“, sagt du Bois, „ist nicht bloss als ein für die Wissenschaft unsagbarer Verlust, sondern sogar als nationales Unglück empfunden worden.“

Kaiser Wilhelm II. richtete am 8. September 1894, 9 Uhr Nachts, das nachfolgende Telegramm an die Wittve:

„Die Nachricht von dem Dahinscheiden Ihres Gemahls hat mich um so tiefer erschüttert, als mir sein lebensvolles Bild noch aus unserm letzten Zusammensein in Abbazia vor Augen steht. Ich spreche Ihnen meine herzlichste Theilnahme an diesem schweren Verluste aus und hoffe, dass es in Etwas zu Ihrem Troste reichen wird, dass mit Ihnen die wissenschaftliche Welt, das Vaterland und Ihr König trauern.“

Die Naturforscher Europas hatten mit Spannung dem Ende des September entgegen gesehen, alle Welt wusste, dass Helmholtz zugesagt, auf der Naturforscherversammlung in Wien einen Vortrag zu halten „Ueber dauernde Bewegungsformen und scheinbare Substanzen“. In einem an den Vorsitzenden der Naturforscherversammlung in Wien, Siegmund Exner, gerichteten Briefe hatte er sich zu einem Vortrage in der allgemeinen Versammlung bereit erklärt, doch sei es bei seinem hohen Alter nicht leicht, eine definitive Zusage zu machen,

„deshalb schliesse ich mit dem bekannten Räthsel:
Das erste ist nicht wenig, Das zweite ist nicht schwer, Das
Ganze macht Dir Hoffnung, Doch trau' ihm nicht zu sehr.“

Die Nachricht von dem Tode des grössten Forschers seiner Zeit legte sich wie ein dunkler Schatten über die Versammlung; in warm empfundenen, trefflichen Worten pries der Altmeister der Geologie, E. Suess, die unvergleichlichen Leistungen von Helmholtz, der so häufig die Zierde und der Stolz dieser Versammlungen gewesen.

Es mögen hier die kurzen Aufzeichnungen, „Naturforscher-Rede“ überschrieben, eine Stelle finden, die in engem Zusammenhange mit dem Thema stehen, welches er sich zum Gegenstand seines Vortrages gewählt hatte:

„Hochgeehrte Versammlung! Für das geeignetste Thema, welches ein Redner wählen kann, der in einer der allgemeinen Sitzungen der Naturforscher zu reden übernommen hat, halte ich es, von Zeit zu Zeit die Veränderungen zu besprechen, die in den allgemeinen Gesichtspunkten der Naturwissenschaft eingetreten sind. Solche Aenderungen treten ja in Wissenschaften, die schon einen hohen Grad von Durcharbeitung erreicht haben, nur langsam ein und in kleinen vereinzeltten Schritten. Erst nach verhältnissmässig langen Perioden machen sie sich deutlich bemerklich, aber dann auch zunächst nur für Männer, die auf die Erfahrung eines langen eigenen Lebens zurückschauen können, während dessen sie inmitten der wissenschaftlichen Arbeit und der dabei auftauchenden Ueberlegungen und Zweifel gestanden haben, oder auch bei solchen, die durch besonders eingehende historische Studien entsprechende Kenntniss des Entwicklungsganges der Wissenschaft gewonnen haben.

Indem ich es unternehme, Ihnen von einer solchen Aenderung der naturwissenschaftlichen Gesichtspunkte zu sprechen, bitte ich als unumgänglich nothwendig zu entschuldigen, dass ich nicht nur von allerneuesten Entdeckungen reden kann, sondern von manchem Altbekanntem reden muss, was aber im Lauf der Zeiten seine Tragweite verändert hat, indem es unter neue Gesichtspunkte gerückt ist.

Ich kann den Hauptgegenstand meines Vortrages damit bezeichnen, dass ich von dem Wesen der Substanzen reden will, dieses Wort aber in seinem älteren und weiteren Sinne gefasst.

Nach modernem Sprachgebrauch verstehen wir unter Substanzen ausschliesslich materielle Stoffe, welche zur Zeit

in bestimmten Orten des Raumes verweilen, unzerstörbar und unvermehrbar sind, eine bestimmte Masse, d. h. ein bestimmtes Beharrungsvermögen bei ihrer Bewegung haben, dabei auch, so weit wir sicher wissen, immer der allgemeinen Gravitationskraft unterliegen, also ein ihrer Masse proportionales Gewicht haben, und die Träger von unveränderlichen Kräften sind, mit denen sie auf andere Massen wirken. Durch ihre mechanischen Kräfte und durch ihr Beharrungsvermögen, d. h. ihren Widerstand gegen Bewegung werden sie für unsern Tastsinn wahrnehmbar, sie afficiren auch unsere anderen Sinne bei vielen Gelegenheiten und in sehr mannigfacher Weise, so dass es leicht war und ist, ihre Eigenschaften, die Bedingungen ihrer Ruhe und Bewegung kennen zu lernen. Wir kennen eine ziemlich grosse, aber doch begrenzte Anzahl solcher unzerstörbarer Substanzen, die chemischen Elemente, und eine immer mehr anwachsende Menge zusammengesetzter anderer, die chemischen Verbindungen, welche letzteren aber nicht unzerstörbar und unvermehrbar sind, in so weit sie aus den ersteren zusammengesetzt und in sie wieder aufgelöst werden können.

Im alten Sinne aber war der Begriff der Substanz umfassender; er entsprach mehr dem Wortsinn der Bezeichnung, *id quod substat*, das, was im Hintergrunde oder hinter der veränderlichen Erscheinungsweise fortbesteht, im Griechischen war es *ἡ οὐσία*, das Seiende oder das Wesen, worunter aber nicht bloss materielle Dinge verstanden wurden, sondern auch die Begriffe von Klassen von Dingen, die einem gemeinsamen Gesetze folgen, von denen man freilich nicht viel Bestimmtes zu sagen wusste, und bei deren Attributen man überwiegend auf das Spiel der Phantasie angewiesen war. Die Hauptmodelle, welche man dafür hatte, waren der menschliche Geist und das die Vorgänge im lebenden Organismus regulirende Princip, die Lebensseele oder Lebenskraft. In der Namenswahl brauchte man Vergleiche mit dem Stofflosesten, was man in der Welt kannte. Das

Lebensprincip wurde nach einander als das *ἐμφυτον θερμον*, die eingeborene Wärme des Hippokrates, die bis auf das vom Prometheus entwendete Feuer des Zeus zurückleitet, später als das *πνευμα*, der Hauch des Galen, als die anima inscia, die unbewusste Seele G. E. Stahl's, oder der Archæus des Paracelsus, eine Art hülfreicher Kobold. Auch der bewusste Geist des Menschen und selbst der heilige Geist wurden bildlich als Hauch oder Wehen, als Pneuma, ihre Mittheilung als eine Inspiration, ein Einathmen bezeichnet.

Aber so wenig man auch diesen Begriff der immateriellen Substanz fest fassen und seine Attribute klar bestimmen konnte, hielt man daran fest, und der Streit über die Substantialität oder Nicht-Substantialität des menschlichen Geistes wird noch in diesem Augenblick lebhaft fortgeführt. Auch ist unverkennbar der Hauptpunkt, um den es sich handelt, das wichtigste Attribut der Substanz, die Unzerstörbarkeit derselben, die Unsterblichkeit der bewussten Seele, und wenn man die Lebensseele von dieser getrennt denkt, die Idee der Seelenwanderung.

Was nun in der Ausmalung dieser Vorstellungen durch die verschiedenen Nationen und Secten des Menschengeschlechts willkürlich, phantastisch, widerspruchsvoll und geschmacklos war, brauche ich Ihnen hier nicht auseinanderzusetzen, das ist in den letzten Jahrhunderten reichlich erörtert worden, auch mache ich keinen Anspruch darauf, Ihnen heute hier die letzten Räthsel der Seelenkunde und der Weltregierung lösen zu wollen. Aber thatsächliche Kenntniss von Grössen, die dem alten Begriff der immateriellen Substanzen entsprechen, unzerstörbar, unvermehrbar, wirkungskräftig im Raume, aber nicht nothwendig theilbar mit dem Raume sind und in so fern dem Begriffe der immateriellen Substanzen entsprechen, hat uns das letzte Jahrhundert in der That gebracht.

Ich meine nicht die sogenannten Imponderabilien, die

in der älteren Physik eine grosse Rolle gespielt haben. Denn diese wurden vorgestellt nur als materielle Substanzen ähnlich den Gasen, den Raum füllend, nur nicht unterworfen der Schwerkraft, aber mit Beharrungsvermögen begabt wie schwere Massen. Die neuere Physik nimmt nur noch eine solche imponderable Substanz, den sogenannten Lichtäther an, das Medium, welches den Weltraum füllt zwischen den in ihm weilenden wägbaren Körpern, auch diese durchdringend, und dessen Anwesenheit sich uns dadurch verräth, dass seine Oscillationen unserem Auge als Licht erscheinen und, schwere Körper treffend, in diesen Wärme oder auch elektrische und magnetische Spannungen hervorrufen.

Seinem Begriff nach würde der Lichtäther immer noch in dieselbe Klasse mit den wägbaren Körpern gehören.

Von den Grössen, auf die der Begriff der immateriellen Substanzen passt, will ich Ihnen hier zunächst diejenige vorführen, die wir am vollständigsten kennen, von der Sie wahrscheinlich am häufigsten haben reden hören und deren Begriff Ihnen daher am vertrautesten sein wird. Es ist dies der Vorrath von Energie, von wirkungsfähiger Triebkraft, der in der Welt wirkt, ein Proteus, der in den mannigfachsten Erscheinungsformen auftreten und zwischen ihnen hin und her wechseln kann, und doch unveränderlich in seiner Grösse, unzerstörbar, unvermehrbar.

Ein von der Erde zur Höhe gehobenes Gewicht repräsentirt uns Energie, die wir benutzen können, um Uhren oder allerlei kleinere Maschinen zu treiben. Ein vom Berge herabfliessender Bach kann schon grosse Maschinen treiben. Von diesen Beispielen entnehmen wir das Grundmaass der Energie, wir messen sie durch das gehobene Gewicht, multiplicirt mit der Erhebungshöhe und mit der Intensität der Schwere, also in Kilogrammetern.

Die Geschwindigkeit einer bewegten Masse ist wiederum das Aequivalent einer Triebkraft, die wir mit einem alten Namen als die lebendige Kraft derselben bezeichnen. Ein

fallendes Gewicht kommt in immer zunehmende Geschwindigkeit, d. h. die Energie seiner Hebung geht, während die Hebung verloren geht, in die Form der lebendigen Kraft über, und wenn man es schliesslich zwingt, seine fallende Bewegung durch eine gekrümmte Bahn wieder in eine steigende umzulenken, so kann es durch diese wieder zu der Höhe steigen, von der es herabgekommen ist.

Die gespannte Feder eines Uhrwerks enthält einen Energievorrath, ein comprimirtes Volumen von Gasen und Dämpfen ebenso. Die letzteren treiben uns Dampfmaschinen und Heissluftmaschinen.

Die Quanta gepresster Gase und Dämpfe in den letzteren Maschinen gewinnen wir durch Zuleitung von Wärme. Wärme ist Energie. Sie kann aus mechanischer Bewegung hervorgehen, wenn diese durch Reibung und unelastischen Stoss vernichtet wird, und sie wird in den genannten Maschinen wieder in mechanische Energie zurückgeführt.

Chemische Kraft ist Energie und zwar von sehr grossem Aequivalent. Sie liefert uns den grössten Theil unserer künstlich zu unserm Nutzen erzeugten Wärmevorräthe. Sie kann aber auch ohne äquivalente Wärmebildung uns direct durch elektrische Vermittlung mechanische Triebkräfte liefern und chemische Energie wiederherstellen.

Je sorgfältiger diese tausendfältigen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedensten Naturkräften studirt worden sind, desto genauer hat sich der Satz bestätigt, dass bei keinem derselben Energie vernichtet oder gewonnen wird. Es bleibt immer derselbe unveränderliche Vorrath, der nur seine Erscheinungsweise wechselt.

Selbst in den verwickeltesten und feinsten aller Naturvorgänge, in denen des organischen Lebens, herrscht dasselbe Gesetz. Die Thiere entnehmen die Energie, die sie entwickeln, der langsamen Verbrennung der von ihnen aufgenommenen Nahrungsmittel mit dem eingeathmeten Sauerstoff der Luft und geben dafür nach aussen ab Wärme und

mechanische Arbeit. Die Pflanzen dagegen haben ihre Hauptkraftquelle im Sonnenlicht und erzeugen dafür die verbrennliche Substanz ihres Körpers und freien Sauerstoff, den sie an die Luft zurückgeben.

Dieser ungeheure, unveränderliche Vorrath von Energie ist, trotzdem er die Unzerstörbarkeit der materiellen Substanzen, beziehlich des Lichtäthers theilt, keine Substanz nach Analogie dieser. Er haftet auch nicht an irgend einer oder einigen Substanzen, wenn er auch zeitweilig einziehen kann und gleichsam wohnen kann in ponderablen Stoffen, sei es als elastische Spannung, oder als Wärme, oder als chemische Verwandtschaft. Die Energie ist auch nicht einmal einfach an einen Ort im Raume gebunden, oder mit dem Raume theilbar, wie eine materielle Substanz. Zwar kommen Formen derselben vor, wo man ihr einen begrenzten Naturkörper als ihren Wohnsitz anweisen kann, insofern dieser in heftiger Bewegung begriffen, oder sehr heiss ist, oder stark comprimirt ist. Daneben bleiben aber eine ganze Reihe von Formen der Energie stehen, wo diese nur durch die Beziehungen zweier Körper zu einander gegeben ist. Der grösste Energievorrath, den wir kennen, ist uns in der Gravitation der Weltkörper gegen einander gegeben und hängt von der Grösse ihres gegenseitigen Abstandes ab, indem er um so kleiner wird, je näher die sich anziehenden Körper einander kommen.

Ebenso steht es bei den chemischen Verwandtschaften. Die Energie, welche bei der Vereinigung des Sauerstoffs und des Kohlenstoffs zum Vorschein kommt, besteht weder im Sauerstoff allein, noch im Kohlenstoff allein. Sie besteht nur im Verhältnisse beider zu einander, sei es, dass man sie als eine unmittelbare betrachtet oder als eine, die durch Einmischung elektrischer Kräfte vermittelt wird. Da sie also weder in dem Raume, den der Sauerstoff einnimmt, noch in demjenigen, den der Kohlenstoff einnimmt, allein

enthalten ist, so kann man sie überhaupt nicht in einen bestimmten Ort verlegen.

Wir kennen noch einige Grössen ähnlicher Art, wie der Energievorrath eines vor äusseren Einwirkungen geschützten, übrigens beliebig zusammengesetzten mechanischen Systems ist. Sie werden bei populär-astronomischen Erörterungen gelegentlich in Bezug auf das Planetensystem davon haben reden hören, da in der That das Planetensystem so weit entfernt auch von den nächsten Fixsternen ist, dass deren Einwirkung im Laufe der Geschichte astronomischer Beobachtungen noch keine merklichen Einwirkungen hat hervorbringen können. In einem so abgeschlossenen Systeme kann der Schwerpunkt eine Bewegung haben, die ungestört durch alle gegenseitigen Einwirkungen des Systems mit constanter Geschwindigkeit vorwärts geht, in ewig unveränderter Richtung. Die entsprechende Geschwindigkeit kann auch den Werth Null haben, d. h. dieser Schwerpunkt kann ruhen; dann wird er sich auch nie in Bewegung setzen.

Ob der Schwerpunkt des Planetensystems ruht, oder fortschreitet, wissen wir noch nicht mit einiger Sicherheit; vorläufig ist die Behauptung der Constanz seiner Geschwindigkeit und ihrer Richtung nur auf theoretische Gründe gebaut.

Aber eine andere ähnliche Grösse giebt es, deren Betrag in der That durch Beobachtungen controllirt werden kann, das ist das sogenannte Moment der Rotationsbewegung des Planetensystems, welche den mechanischen Gesamtbetrag aller einzelnen Umlaufbewegungen der Planeten um die Sonne, und ihrer Trabanten um den Planeten, und der Planeten um die eigene Drehungsaxe zusammenfasst. Aus diesen Grössen lässt sich in passender Weise eine Summe bilden, wobei die Umlaufbewegungen auf beliebig im Raume gerichtete Rotationsaxen bezogen werden können. Für jede solche Axe von constanter Richtung, die durch den Schwerpunkt des Systems geht und mit diesem, sich selbst par-

allel bleibend im Raume fortrückt, ist das ganze Bewegungsmoment constant. Für eine dieser Axen ist es am grössten; senkrecht zu ihr denkt man sich die invariable Ebene des Systems gelegt, die eine mittlere Lage zwischen all den Bahnebenen des Systems und Aequatorialebenen der einzelnen Planeten einhält. Die Richtung dieser Ebene und der Betrag des um ihre Normale genommenen Rotationsmoments des Systems sind nicht zu verändern durch irgend welche wechselseitige Einwirkung irgend welcher Art, die zwischen den Körpern des Systems vor sich geht.

Im kleinen Maassstabe, aber freilich nie ganz frei von äusseren Störungen können Sie dieses Beharrungsvermögen der Rotation an jedem schnell rotirenden Kreisel sehen, der sicher auf seiner Spitze mit vertikaler Axe steht, so lange er schnelle Rotation hat, und umfällt, sobald er diese verliert.

Sie sehen also, diese Grössen, die Geschwindigkeit des Schwerpunkts des Planetensystems und ihre Richtung, die Richtung der invariablen Ebene und der Werth des grössten Rotationsmoments des Systems sind bei dem gegebenen Zustande unserer Welt ebenso unveränderliche Grössen wie der Energievorrath derselben. Wenn Einwirkungen von Fixsternen da sind und in langer, langer Zeit sich addirend vielleicht unseren Nachkommen merkbar werden sollten, werden diese vielleicht die Schwerpunktbewegungen dieser Fixsterne und ihre Rotationsmomente mit in die Rechnung hineinziehen müssen. So lange wir nur nach Jahrtausenden rechnen, genügt die Beschränkung auf das Planetensystem.

Nun wären wir freilich am Ende unserer Kenntniss von solchen in sich unveränderlichen Bewegungsgrössen. Am Ende unserer Kenntniss, am Ende der Liste von solchen, deren Werth wir genau zu berechnen und zu controlliren wissen, aber nicht am Ende der Aufzählung aller existirenden gleichartigen Grössen. Im Gegentheil, deren Zahl

ist so gross, dass das Menschengeschlecht schwerlich je mit ihrer Erkenntniss und Zählung wird fertig werden können.

Fragen wir darüber zunächst den Mathematiker, der sich mit mechanischen Problemen beschäftigt. Was ich von solchen Ihnen bisher aufgeführt habe, das nennt er Integrationsconstanten; „Constanten“ eben deshalb, weil sie unveränderlich sind. Und sein Verfahren, die Gleichungen, welche die Bewegungsgesetze ausdrücken, aufzulösen und deren Endresultat für irgend einen beliebig späteren Zeitpunkt zu finden, nennt er „Integration“. Es sind ihm also Constanten, auf die er bei der Integration der Bewegungsgleichungen stösst, und deren Werth er passend bestimmen muss, um seine Lösung der allgemeinen Bewegungsgesetze auf den besonderen Fall anzupassen des bestimmten Körpersystems, mit dem er sich eben beschäftigt, dessen Theile alle zu Anfang der Zeit, auf welche die Rechnung sich bezieht, ihre bestimmte Lage im Raum und ihre Geschwindigkeiten von bestimmter Grösse und Richtung gehabt haben.

Nun fragen Sie den Mathematiker, wie viel Integrationsconstanten er braucht bei einem Problem, wo ein einziger untheilbarer Massenpunkt sich unter dem Einflusse bekannter im Raume unveränderlich vertheilter Kräfte bewegt. Er antwortet Ihnen, er brauche drei. Deren Werth drückt er aus durch die Abmessungen, durch die er die anfängliche und schliessliche Lage des Massenpunktes bestimmt hat, und durch die Energie, welche der Punkt im ersten Moment seiner Bewegung besass.

Wenn es aber 10 Massenpunkte sind, die gegenseitig Kräfte auf einander ausüben, so hat er 30 Integrationsconstanten zu berechnen, d. h. er hat zu ermitteln, wie aus den Raumabmessungen diese constanten und während des weiteren ungestörten Ablaufs der Bewegung unveränderlichen Werthe zusammengesetzt und zu berechnen sind.

Bei kleineren Gruppen, aus Naturkörpern gebildet, die

gegenseitig auf einander wirken, werden Eingriffe von aussen, die den Ablauf der Bewegungen verändern, häufiger sein. Aber die allgemeine Form der Lösung würde immer dieselbe bleiben können, wenn auch die Rechnungen für menschliche Gehirne und für die Hilfsmittel unserer jetzigen Mathematik, die schon die neun Integrationsconstanten für drei Massenpunkte nicht mehr zu bilden weiss, unausführbar sind.

Wir müssen aber aus diesen Ueberlegungen schliessen, dass solche unzerstörbare und unvermehrbar immaterielle Grössen“

Am 14. December fand in der Singakademie zu Berlin eine Gedächtnissfeier auf Anregung der physikalischen und physiologischen Gesellschaft statt. Der Kaiser, die Kaiserin und die Kaiserin-Mutter, die Angehörigen und nächsten Verwandten des Verstorbenen sowie eine auslesene zahlreiche Versammlung hatten sich zu dieser Feier eingefunden. Zur Einleitung des Ganzen trug der Chor der Königlichen Hochschule für Musik unter der Direction von Professor Adolf Schulze ein geistliches Lied vor. Hierauf folgte die weihevoll, in Form und Inhalt ausgezeichnete Rede seines langjährigen Freundes und Collegen Wilhelm von Bezold. Im unmittelbaren Anschluss an sie spielte Joachim unter Orgelbegleitung das Abendlied von Schumann, dem der Verblichene so oft mit wahrer Andacht gelauscht hatte. Abermaliger Chorgesang bildete den Schluss der ersten Feier. Jedem der Anwesenden trat noch einmal das herrliche Bild des gewaltigen Mannes vor Augen.

„Der Mit- und Nachwelt“, sagt du Bois, dessen letzte Federstriche dem Andenken des vorausgegangenen Freundes gehörten, „wird Helmholtz's Aeussere in Bildniss und Büste durch die besten deutschen Künstler vergegenwärtigt und aufbewahrt. Für die, denen es fremd geblieben, sei gesagt, dass es ganz seiner innern Grösse entsprach. Ein fast übermächtiger

Schädel, aber von reinster Form, barg das wundervolle Denkorgan, ein Paar herrlicher Augen liess nicht erkennen, welches gefährliche Maass von Anstrengung in subjectiven Versuchen es ohne Schaden ertragen hatte, während die untere Hälfte des bräunlichen Antlitzes durch die Kleinheit und Zierlichkeit die Feinheit seiner geistigen Neigungen spiegelte. Er war von mehr als mittlerer Grösse, kräftigem Wuchs und edler Haltung.“

Unmittelbar nach Schluss der Feier theilte der Kaiser dem Staatsminister von Delbrück mit, es sei seine Absicht, dass Helmholtz unverzüglich ein öffentliches Denkmal errichtet werde, zu welchem er 10 000 Mark beisteuern und den Platz bewilligen würde.

Von der ernstesten Todtenfeier zurückgekehrt, schrieb seine Frau einer Freundin:

„Ich bin jetzt namenlos unglücklich und sehe täglich mehr, wie ganz das Leben ihm gehörte, wie ich nur mit diesem von mir nur zu sehr, als ganz selbstverständlich angesehenen Hintergrund des Daseins überhaupt lebte und dadurch nur die eigene Persönlichkeit entwickeln konnte; wie ich ohne diesen Mittelpunkt so haltlos zusammenfalle, wie er es that, als sein Gehirn plötzlich nicht mehr voll functionirte. Von dieser Vereinsamung nach dieser Gemeinschaft kann sich Niemand einen Begriff machen.“

„Die ganze Gedankenwelt der civilisirten Menschheit“, sagte einst Helmholtz, „tritt dem Forscher als ein fortlebendes und sich weiter entwickelndes Ganze entgegen, dessen Lebensdauer der kurzen des einzelnen Individuums gegenüber als ewig erscheint. Er sieht sich mit seinen kleinen Beiträgen zum Aufbau der Wissenschaft in den Dienst einer ewigen heiligen Sache gestellt, mit der er durch enge Bande der Liebe verknüpft ist. Dadurch wird ihm seine Arbeit selbst geheiligt.“

Am 30. November 1894 gab Lord Kelvin in der Royal

Society einen kurzen Abriss der Arbeiten von Helmholtz mit den einleitenden Worten:

„A year ago, in my anniversary address, I called your attention to Hertz's experimental demonstration of electric waves, which he found in working out an experimental problem originally proposed by Helmholtz to him, when he was engaged in experimental researches in the Physical Institute of Berlin in 1879. An English translation by Jones, of Hertz's book describing his work on electric waves, dedicated „with gratitude“ to Helmholtz, was published in England and Amerika in December 1893. On the first day of the new year the disciple died, and within the year the master followed him. Of the whole of Helmholtz's great and splendid work in physiology, physics and mathematics, I doubt whether any one man may be qualified to speak with the power which knowledge and understanding can give: but we can all appreciate, to some degree, the vast services which he has rendered to biology by the application of his mathematical genius and highly trained capacity for experimental research to physiological investigation.“

Helmholtz hatte sich auf Anregung aus seinem Schülerkreise noch kurz vor Pfingsten 1892 zur Herausgabe seiner an der Berliner Universität gehaltenen Vorlesungen über mathematische Physik entschlossen und auch vor seiner Erkrankung im Jahre 1894 einige Theile davon durchgesehen, ohne sie druckfertig gestalten zu können. Die von seinen hervorragenden Schülern A. Koenig, O. Krigar-Menzel, C. Runge und F. Richarz bearbeiteten Vorlesungen bilden jetzt die ausgezeichnetsten Lehrbücher einzelner Theile der mathematischen Physik.

Auch hatte er noch vor seinem Tode etwa zwei Drittel des im folgenden Jahre erschienenen dritten Bandes der „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ im Reindruck gesehen, der Druck der vierten Auflage der „Vorträge und

Reden“, welche erst 1896 veröffentlicht wurde, hatte eben begonnen, als er starb.

„Wenige Tage vor seinem Hinscheiden“, sagt Frau von Helmholtz in der Vorrede zu derselben, „schon im Gefühle der schwindenden Kraft übertrug er mir die Durchsicht des Textes, nur mit wenigen Worten andeutend, in welcher Weise diese erfolgen sollte. Zaghaft und traurig übernahm ich die Aufgabe“

„Die Unzulänglichkeit des eigenen geistigen Vermögens“, schrieb mir Frau von Helmholtz am 8. December 1895, „habe ich in den ganzen 34 Jahren unseres schönen Zusammenseins immer als eine Art von Tragik empfunden. Es war mir schmerzlich, in die innerste Geisteswerkstätte des Mannes, der mir Seele und Lebensinhalt war, nicht eindringen zu können . . . Dass er uns genommen ist, verstehe ich weniger und weniger, und mit dem leeren Leben weiter wirtschaften zu müssen, ist wohl eine schwere Aufgabe“

Nur den einen Wunsch hatte sie noch, die Enthüllung des vom Kaiser befohlenen Denkmals zu erleben.

An der Spitze des zur Errichtung des Denkmals gebildeten Centralcomités stand Rudolph von Delbrück, „der letzte nunmehr auch ins Grab gesunkene Zeuge jener ruhmreichen Epoche unseres Volkes“. Der Mann, an dem Dryander „die Macht des alles beherrschenden Verstandes, die Klarheit des alle Wirrnisse durchdringenden Geistes, die wunderbar abgeklärte Ruhe seines Wissens“ pries, gehörte zwei Decennien hindurch zu den treuesten Freunden und hingebendsten Verehrern des Helmholtz'schen Hauses. „Manche gemeinsame Arbeit wurde zum Markstein in der Culturgeschichte unseres Volkes, wenn schöpferische Gedanken der Kaiserin Friedrich Aufgaben hohen Menschenthums gestalteten, welche Widerhall finden mussten in der warmen Empfindungswelt, in der organisatorisch bedeutungsvollen Thatkraft von Frau von Helmholtz, und welche die Form der Gesetzmässigkeit empfangen sollten von der ziel-

bewussten Klarheit des Gerechtigkeitssinnes Rudolph's von Delbrück.“ So fühlte gerade er sich berufen, in Gemeinschaft mit Arthur Koenig, dem Schüler und Mitarbeiter von Helmholtz, sich der Ausführung des ihm vom Kaiser ertheilten Auftrages thatkräftig anzunehmen.

Die Enthüllung des Denkmals, dem der Kaiser seine Stelle im Vorgarten der Universität angewiesen, fand am 6. Juni 1899 in Gegenwart der Kaiserin, des Kronprinzen und, als Vertreter des Kaisers, des Prinzen Heinrich statt im Beisein aller Mitglieder der Helmholtz'schen Familie und der hervorragendsten Vertreter der Gelehrten- und Künstlerwelt Berlins. Der Kaiser selbst hatte an demselben Tage an Frau von Helmholtz das folgende Schreiben gerichtet:

„Zu Meinem lebhaften Bedauern bin ich behindert, der heutigen Enthüllung des im Vorgarten der Friedrich-Wilhelms-Universität errichteten Standbildes Ihres verewigten Herrn Gemahls persönlich beizuwohnen. In Erinnerung an die unvergesslichen Verdienste des Verewigten um die deutsche Wissenschaft und bei der besonderen Verehrung, welche Ich ihm allezeit gewidmet habe, nehme Ich innigen Antheil an der Feier und freue Ich Mich, dass fortan das Standbild des grossen Forschers und Gelehrten den Zugang zur Universität schmücken wird zu seinem Ruhme, zu Ehren der Wissenschaft und zur Nacheiferung für die Berliner akademische Jugend. Am heutigen Tage gedenke Ich aber auch mit besonderer Theilnahme Derjenigen, welche dem Entschlafenen im Leben am nächsten gestanden und als treue Gefährtin durch sein Hinscheiden den schwersten Verlust erlitten hat. Ich bitte Sie daher, als Zeichen meiner Verehrung und meines Wohlwollens Meine beifolgende Büste freundlichst entgegenzunehmen.

Pröckelwitz, den 6. Juni 1899.

Ihr
wohlaffectionirter König
Wilhelm R.“

Nachdem Delbrück nach einigen ergreifenden Worten das Zeichen gegeben, fiel die Hülle von dem herrlichen Kunstwerk, und Waldeyer übernahm dasselbe als Rector der Alma mater:

„ . . . Dank vor allem unserm Meister Herter, dessen feinsinniges Auge und kunstbeseelte Hand den schmiegsamen Thon sich fügen und des Marmors hartes, sprödes Korn sich formen machten zu diesem Bildnisse, welches den grossen Todten, den „Achilleus“ einer geistigen Wahlstatt, wieder wie lebendig mitten unter uns stellt. An diese Stelle gehörte nur das Bildniss eines Lehrers der Universität und Gelehrten, dessen Forschungsweise einen universalen Charakter trug und dessen Arbeit, von echt philosophischem Geiste durchdrungen, sich dem Höchsterreichbaren zuwendete. Ein solcher war Helmholtz! Fast möchte uns eine gewisse Scheu ergreifen, wenn wir das Denkmal da vor uns ansehen und dessen gedenken, was in dem edelgeformten Haupte, welches Meister Herter so gut wiedergegeben hat, für eine Gedankenarbeit gethan ward und was für eine Gedankenfülle darin wohnte“

Als die Enthüllung der herrlichen irdischen Gestalt wie seine persönliche Nähe alle Schauenden erfasste, sprach Frau von Helmholtz: „Jetzt ist die letzte grosse Stunde meines Lebens gekommen, nun habe ich nichts mehr zu thun.“

Am Abend desselben Tages versammelte sie an denkwürdiger Tafelrunde die Förderer dieser That der Hingebung und Treue. Der Augenblick wird unvergessen bleiben, als sie selbst tief erschüttert in einfachen grossen Worten ihren Dank aussprach, dass die Liebe für den Verlorenen ihr diese letzte glückliche Stunde der Zusammengehörigkeit bescheert habe.

Am nächsten Morgen geleitete sie ihren schwer leidenden Sohn Fritz zu seinen bewährten Helfern, Kussmaul und Fleiner in Heidelberg, während sie selbst sich der

Einrichtung seines kleinen Anwesens in Baden widmete, welches ihre Liebe als Ziel seines Hoffens gefunden hatte.

Nach kurzem Zusammenleben mit Tochter, Enkeln und Freunden reiste sie in den letzten Tagen des November 1899 nach Abbazia zu ihrer Schwester, um derselben an dem Sterbelager ihres Mannes beizustehen. Vierzehn Tage später, am Tage der geplanten Heimkehr, erkrankte sie selbst schwer im Hause ihrer Schwester und starb in Volosca am 1. December 1899. „Verzeiht mir, dass ich hier sterbe“, waren ihre letzten Worte.

„Ihre Sehnsucht nach der unerreichbaren heissgeliebten Tochter war für uns Verzweifelnde herzerreissend.“

„Lasse ich die Jahre“, schreibt Frau von Schmidt-Zabiérow, „in welchen sich das äussere Leben meiner Schwester in Berlin sowie das meine in Oesterreich durch die Stellungen unserer Männer und günstige Umstände stetig weitete, in der Erinnerung an mir vorüberziehen, so ist das Bild meiner Schwester eine Lichtgestalt, zu der ich in allen Verwickelungen und Schwierigkeiten vertrauensvoll emporblickte. Ihrem sicheren Urtheile, ihrem reichen Seelenleben, der Lauterkeit ihrer Gesinnung entströmte jene Kraft, die ihren Einfluss, ihr selbst oft unbewusst, auf ihre Umgebung, auf Hoch und Niedrig, auf Alle, die mit ihr in Berührung kamen, zu allen Zeiten sicherte. So wie die schlichte Arbeiterfrau aus dem Volke Verständniss für die Mühsal ihres Lebens, Trost und Hülfe bei meiner Schwester fand, so schöpften die auf der Höhe des Daseins Wandelnden, gekrönte Fürstinnen, den Sorgen und Anschauungen der Alltäglichkeit weit entrückt, aus der reichen Lebenserfahrung meiner Schwester das Erkennen der Möglichkeiten weitgreifender socialer Reformen. Mit einem Worte, Nichts Menschliches war ihr fremd.“

Am 4. December 1899 schreibt Eduard Zeller an Frau von Siemens:

„Viele Hunderte, und gerade von den geistig und ge-

sellschaftlich Höchststehenden, werden mit Euch trauern um die seltene Frau, der ich unter allen deutschen Frauen der Gegenwart keine zu vergleichen wüsste, um dieses reiche, aus seinen Schätzen nach allen Seiten mit so wohlthätiger Freigebigkeit spendende Leben. Aber nur solche, denen es, wie uns, vergönnt war, Deinen unvergesslichen Eltern und ihrem Hause lange Zeit nahe zu stehen — nur solche können ganz empfinden, was und wie viel Ihr, wie früher an dem Vater, so jetzt an der Mutter verloren habt. Ihr alle gleich sehr, und jedes noch in seinem Theile besonders. Einem solchen Verluste gegenüber sind alle Trostesworte kalt und schaal. Da bleibt uns Menschen nur übrig, uns in das Unabwendbare zu ergeben, und die, welche unserem leiblichen Auge entrückt sind, nur um so treuer in fortdauernder innerer Lebensgemeinschaft dem geistigen gegenwärtig zu erhalten.“

Am 17. November 1901 vollendete ihr jüngster Sohn Fritz, 33 Jahre alt in Heidelberg seinen Leidensweg, nachdem er die letzten Jahre auf seinem kleinen Besitzthum bei Baden ruhig und zurückgezogen verlebt hatte — treue Freunde standen an seinem Sarge im Heidelberger Krankenhause — alle tief erschüttert in dem Gedenken dessen, was mit dem Hause Helmholtz dahin gegangen.

Wir scheiden von dem grossen Todten und seinen Schöpfungen, die wir anstaunen wegen der Tiefe und Universalität der Gedanken und bewundern als Kunstwerke, entsprungen einem edlen und wahrhaft sittlichen Geiste; wir fühlen uns ergriffen von den Gefühlen, denen er selbst in Bewunderung der grossen Dichter und Künstler so schönen Ausdruck verliehen, in Worten, die sich wie auf Goethe und Beethoven, mit vollem Rechte anwenden lassen auf ihn selbst und auf die von ihm geschaffenen Kunstwerke reiner Vernunft und ästhetischer Urtheilskraft:

„Wir verehren in ihnen einen Genius, einen Funken

göttlicher Schöpferkraft, welcher über die Grenzen unseres verständig und selbstbewusst rechnenden Denkens hinausgeht. Und doch ist der Künstler wieder ein Mensch, wie wir, in welchem dieselben Geisteskräfte wirken, wie in uns selbst, nur in ihrer eigenthümlichen Richtung reiner, geklärt, in ungestörterem Gleichgewichte, und indem wir selbst mehr oder weniger schnell und vollkommen die Sprache des Künstlers verstehen, fühlen wir, dass wir selbst Theil haben an diesen Kräften, die so Wunderbares hervorbrachten.“