Zeitschrift: Neujahrsblatt herausgegeben von der Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr ...

Band: 97 (1895)

Artikel: Hermann von Helmholtz

Autor: Pernet, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-386838

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

H. v. Helmholtz

Hofer & Burger Zürich

Hermann von Helmholtz

31. August 1821 bis 8. September 1894.

Ein Nachruf

von

Dr. J. Pernet,

Professor der Physik am Eidgenössischen Polytechnikum.

Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1895.

Zürich

Druck von Zürcher & Furrer

1894

Vorwort.

Die Wintersitzungen der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft wurden mit einer Gedächtnisrede zu Ehren ihres berühmten am 8. September 1894 verstorbenen Ehrenmitgliedes Hermann von Helmholtz eröffnet.

In dem vorliegenden Neujahrsblatte ist der wesentliche Inhalt jenes Vortrages, des leichteren Verständnisses wegen etwas erweitert wiedergegeben. Die Grundlage desselben bildeten die Schriften von Helmholtz[1]), sowie dessen vortreffliche, durchaus objektive Selbstbiographie[2]), welche durch ihre schlichte, gemütlich-humoristische Form die zur Feier des 70. Geburtstages versammelten Festteilnehmer entzückte. Ergänzungen hiezu lieferten vornehmlich die bei jenem Anlasse gehaltenen Ansprachen und die Erwiederungen von Helmholtz. Einige Einzelheiten verdankt der Verfasser den gütigen Mitteilungen der Gattin des Verstorbenen, Frau Excellenz von Helmholtz, sowie der Herren Prof. Branco in Tübingen und Prof. Arthur Kœnig in Berlin; andere sind den unten angeführten Reden und Nachrufen[3]) entnommen.

So weit dies anging, hat sich der Verfasser dem Gedankengange und dem Wortlaute der Veröffentlichungen von Helmholtz enge angeschlossen, damit das Bild des ausgezeichneten Forschers und edlen Menschen möglichst ungetrübt wiedergegeben werde.

Die vorliegende Arbeit ist einem kunstlosen Strauss zu vergleichen. Er soll durch die Farbenpracht und den Duft der Blüten wirken, die der selbst gespendet hat, zu dessen Ehren er bestimmt ist. Denn auch das Bild von Helmholtz ist nur eine Reproduktion der Photographie, die er zum Andenken an ihn und seinen verstorbenen Sohn Robert dem Verfasser zu Weih-

---

[1]) Wissenschaftliche Abhandlungen, 2 Bände, Leipzig, Ambrosius Barth 1883. Vorträge und Reden 2. Auflage. 2 Bände. Braunschweig, Vieweg 1884.

[2]) Ansprachen und Reden, gehalten bei der am 2. November 1891 zu Ehren von Hermann von Helmholtz veranstalteten Feier. Berlin, Hirschwald, 1892 (Festschrift).

[3]) Prof. E. Wiedemann. Sitzungsbericht der physikalisch-medizinischen Societät. Heft Nr. 25, pag. 54—67. Erlangen 1893. — Prof. Th. W. Engelmann in Utrecht. Leipzig, Engelmann 1894. — Prof. Kronecker. Schweizerische Rundschau, Bern 1894. — Dr. Richarz. Neue Bonnerzeitung Nr. 217. — Dr. Walther Kœnig. Frankfurter Zeitung Nr. 257. — Kölnische Zeitung Nr. 735.

nachten 1890 übersandt hat. Sie galt damals als eine der besten[1]). In der That gibt dieselbe die feinen und doch nicht weichlichen Züge, die wundervoll gewölbte, mächtige Stirn, die grossen, grauen, ruhig blickenden Augen und den männlich schönen und ernsten Ausdruck seines edlen Antlitzes recht gut wieder.

Ziemlich gross von Gestalt, wohlgebaut und bis wenige Jahre vor seinem Tode von aufrechter, aber keineswegs steifer Haltung, machte Helmholtz durch sein ruhiges, bescheidenes und doch bestimmtes Auftreten, seine ausserordentliche Klarheit im Ausdruck und im Handeln, durch seine sich niemals verleugnende, vollkommene Selbstbeherrschung einen tiefen, unauslöschlichen Eindruck auf alle, die ihn kennen lernten. Meist in seine eigenen Gedanken vertieft und daher im allgemeinen wenig mitteilsam, nahm Helmholtz dennoch nicht selten nach gethaner Arbeit im engeren Kreise an der Unterhaltung teil. Dann erfreute er nicht allein durch die bewundernswerte Allseitigkeit seiner Bildung und seines Wissens, durch das feine Verständnis für alle Formen der Kunst und durch sein sicheres, zutreffendes Urteil, sondern ebenso sehr durch den Adel der Gesinnung, die Reinheit und Tiefe des Gemütes, ja oftmals sogar durch seinen köstlichen Humor. So wirkte er nicht nur anregend, sondern auch veredelnd auf seine Umgebung.

Unauslöschlich ist daher die Verehrung und die Dankbarkeit, aufrichtig und schmerzvoll die Trauer Aller, die ihm näher standen und ganz besonders seiner Angehörigen, denen er mit innigster Liebe treu ergeben war.

Am heutigen Tage versammelten sich die höchsten Würdenträger der deutschen Nation, die berufensten Vertreter der Wissenschaft und Kunst, die Familie und die Verehrer des Verstorbenen zu einer, seinen unvergleichlichen Verdiensten entsprechenden Trauerfeierlichkeit. Mögen diese Zeilen beweisen, dass auch in unserem, von Helmholtz so sehr geliebten Lande, der Heimat der Euler, Bernoulli und Albrechts von Haller, sein Wirken geehrt und die durch seinen Tod entstandene Lücke ebenso schmerzlich empfunden wird.

Zürich, den 14. Dezember 1894.

Der Verfasser.

---

[1]) Zu den vorzüglichsten Bildern von Helmholtz zählen die Radierung von Jacobi, das Bild von Lenbach (Zukunft Nr. III. 1. 1894) und das zum 70. Geburtstage in Wiedemann's Annalen erschienene Bild. Büsten von Helmholtz sind von Drake und anlässlich des Jubiläums von Hildebrand hergestellt worden.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz wurde am 31. August 1821 in Potsdam geboren als Sohn des Gymnasialprofessors Ferdinand Helmholtz, eines ausgezeichneten Lehrers, pflichtstrengen, enthusiastischen, für die Dichtkunst begeisterten Mannes.

Körperlich kränklich, war der Knabe bis zu seinem achten Lebensjahre viel auf das Zimmer angewiesen und häufig an das Bett gefesselt, jedoch geistig geweckt mit lebhaftem Triebe nach Thätigkeit[1]). Seine Eltern beschäftigten sich viel mit ihm und lehrten ihn früh lesen. Sehr bald zeigte sich, dass, während für unzusammenhängende Dinge sein Gedächtnis ihn oft im Stiche liess, so dass namentlich das Erlernen der Sprachen ihm schwer fiel, die Aneignung und das Behalten ihm wesentlich erleichtert wurde, wenn Metrum und Reim die Gedanken verband. Gedichte von grossen Meistern behielt er leicht, viel schwerer etwas gekünstelte Verse von Dichtern zweiten Ranges, denen der natürliche Fluss der Gedanken fehlte.

Die Neigung zur Poesie wurde von seinem Vater wesentlich gefördert. Dieser erteilte in den obern Gymnasialklassen den Unterricht in der deutschen und griechischen Sprache. Er begeisterte seine Schüler nicht nur für die Lektüre des Homer und der Hauptwerke der deutschen Litteratur, sondern regte sie auch zu eigenen metrischen Uebungen an. So lernte Helmholtz die Sprachen bemeistern und seinen Gedanken einen stets zutreffenden und doch mannigfaltigen Ausdruck geben, Klarheit und Anmut miteinander verbinden.

Seine eigenartige Begabung für eine auf Erfahrungsthatsachen sich stützende Raumauffassung trat schon sehr früh hervor; denn durch das Spiel mit Bauhölzern waren bereits dem achtjährigen Knaben die Beziehungen räumlicher Verhältnisse zu einander durch Anschauung bekannt. Zur Verwunderung der Lehrer waren ihm die Thatsachen der Geometrie bereits geläufig und nur neu das die Erscheinungen verbindende Gesetz, sowie die strenge Methode der Wissenschaft. Die Tragweite derselben erkannte er

---

[1]) Vergleiche Festschrift pag. 46—59. Berlin Hirschwald 1892.

sehr bald, weil sie ihn in den Stand setzte, den von ihm schwer empfundenen Mangel an Gedächtnis zu überwinden. Trotzdem vermochte die abstrakte Geometrie sein Interesse nicht ausschliesslich zu fesseln. Immer mächtiger wurde die Freude an der Wirklichkeit, an der schönen Natur, die in den Umgebungen von Potsdam sich so anmutig und abwechslungsreich entfaltet und die er, nun kräftiger geworden, kennen und lieben lernte.

Von allen Unterrichtsgegenständen zog ihn die Physik am meisten an und in ihr vorzugsweise die geistige Bewältigung der Natur durch die logische Form des Gesetzes. Mit Eifer studierte er die ihm zugänglichen, von seinem verdienstvollen Lehrer Prof. Meyer kritisch beleuchteten physikalischen Lehrbücher; auch versuchte er sich nebst einem Jugendfreunde in der Anfertigung von physikalischen Instrumenten und in der Ausführung chemischer und physikalischer Experimente. Die grosse Beschränkung der Hülfsmittel zwang ihn, die Pläne für die anzustellenden Versuche so lange umzugestalten, bis dieselben eine ausführbare Form bekommen hatten. Dadurch erlangte er die bewunderungswürdige Gewandtheit in der feinsten Kunst des Experimentierens, durch die er scheinbar unübersteigliche Schwierigkeiten zu überwinden vermochte. Am besten gelang die Herstellung optischer Instrumente; dabei blieb jedoch der junge Forscher nicht stehen. Er berechnete bereits den Gang der Strahlenbündel in Teleskopen und fand bei diesem Anlasse neue optische Sätze, die ihm später die Konstruktion des Augenspiegels wesentlich erleichterten.

Schon damals, wie in seinem ganzen Leben, war er pflichtgetreu sowohl im Grossen als im Kleinen. Er vernachlässigte daher ob diesen emsigen Studien keineswegs seine harmonische Ausbildung, und schon im Herbste 1838, im Alter von 17 Jahren, wurde er mit nachfolgendem Zeugnis der Reife zur Universität entlassen:

„Sein äusserlich ruhiges und stillgehaltenes Wesen ist mit grosser Beweglichkeit des Geistes verbunden. Hierin giebt sich eine treffliche Mischung von klarer und besonnener Verständigkeit und tiefer Gemütlichkeit zu erkennen. Seine Sitten zeugen von einer treu bewahrten, selten reinen und wahrhaft kindlichen Unverdorbenheit. Diese Eigenschaften machen bei der übrigen Reife und Kräftigkeit seiner geistigen Entwickelung einen ebenso wohlthuenden und herzgewinnenden Eindruck, als sie die begründete Hoffnung geben, dass ein solcher Grund und Boden des geistigen Lebens nur die besten und erfreulichsten Früchte bringen werde.“

Diese Erwartungen sind im vollsten Umfange und glänzend erfüllt worden, trotz der äusseren materiellen Schwierigkeiten, die sich anfangs der freien Entwickelung seiner eminenten geistigen Fähigkeiten entgegenstellten.

Infolge der beschränkten Verhältnisse der Eltern konnte Helmholtz nicht gleich von Anfang an sich ausschliesslich dem Studium der Physik zuwenden. Er folgte daher dem Rate seines Vaters, in die preussische Vorbereitungsanstalt für Militärärzte einzutreten, woselbst gegen die Verpflichtung, eine Reihe von Jahren als Militärarzt zu fungieren, den Zöglingen von Seite des Staates die Mittel zum Studium der Medizin gewährt werden. Obgleich schon damals der innere Trieb, den ursächlichen Zusammenhang der Naturerscheinungen zu entdecken, ihn so mächtig erfasst hatte, dass stets nur die vollständige Lösung eines Problemes ihn befriedigte, so war er doch anderseits dem Studium der lebenden Natur keineswegs abgeneigt. Er hat es später sogar als ein Glück betrachtet, durch das Studium der Medizin eine vollere Kenntnis der biologischen Seite der Naturerscheinungen erworben zu haben, als eine solche sonst dem Mathematiker oder Physiker zu Gebote stand. Dadurch erwuchs ihm der Vorteil, die Gesamtheit der Naturerscheinungen von einem einheitlichen Gesichtspunkte zu überschauen. Aber auch die Medizin als solche vermochte sein Interesse zu gewinnen, ja er empfand in seiner grossen Herzensgüte sogar die Lösung medizinischer Probleme, mit denen Wohl und Wehe der Menschheit direkt verknüpft erschienen, viel drängender als diejenigen der Mathematik und Physik, wenn er auch aus Neigung nur diejenigen aufgriff, die physikalische Seiten darboten, von denen aus die Lösung ihm möglich erschien.

Zeit seines Lebens hat Helmholtz der Medizin nicht nur ein warmes Interesse, sondern auch eine innige Dankbarkeit bewahrt für den intellektuellen Gewinn, der ihm aus dem Studium derselben erwachsen war. Den besten Beweis hiefür bieten die folgenden Stellen seiner nach Inhalt und Form gleich vollendeten Rede: „Ueber das Denken in der Medizin“, die er 1877 am Stiftungstage der militärärztlichen Bildungsanstalten in Berlin gehalten hat: „... ich betrachte auch das medizinische Studium als diejenige Schule, welche mir eindringlicher und überzeugender als es irgend eine andere hätte thun können, die ewigen Grundsätze aller wissenschaftlichen Arbeit gepredigt hat, Grundsätze, so einfach und doch immer wieder vergessen, so klar und doch immer wieder mit täuschendem Schleier verhängt.“

„Man muss vielleicht dem brechenden Auge des Sterbenden und dem

Jammer der verzweifelnden Familie gegenüber gestanden haben, man muss sich die schweren Fragen vorgelegt haben, ob man selbst Alles gethan habe, was man zur Abwehr des Verhängnisses hätte thun können, und ob die Wissenschaft auch wohl alle Kenntnisse und Hülfsmittel vorbereitet habe, die sie hätte vorbereiten sollen, um zu wissen, dass erkenntnistheoretische Fragen über die Methodik der Wissenschaft auch eine bedrängende Schwere und eine fruchtbare praktische Tragweite erlangen können."

Den bedeutendsten Einfluss übte auf Helmholtz der geistvolle Physiologe Johannes Müller aus, dessen formvollendete, thatsächliche Begründung der Lehre von den spezifischen Energieen der Sinnesnerven, weil sowohl für die Erkenntnistheorie als auch für die Nervenphysiologie von fundamentaler Bedeutung, Helmholtz als eine wissenschaftliche Errungenschaft betrachtete, deren Wert der Entdeckung des Gravitationsgesetzes gleichzustellen sei.

Zu der Zeit, in der Helmholtz sein medizinisches Studium begann, herrschte nach seinem eigenen Urteil bei nachdenkenden und gewissenhaften Medizinern völlige Verzweiflung. Dass die vorwiegend theoretisierenden Methoden aufzugeben seien, war klar; leider aber waren die Erfahrungsthatsachen in solch unentwirrbarer Weise mit jenen verknüpft, dass auch sie meist preisgegeben werden mussten. Selbst Johannes Müller litt unter diesem Dilemma, indem seine theoretischen Anschauungen eigentlich in der vitalistischen Hypothese, d. h. in der Annahme einer besonderen beim Tode verschwindenden Lebenskraft wurzelten, während er anderseits anerkannte, dass nicht vorgefassten Meinungen, sondern einzig und allein den Thatsachen die Entscheidung zukomme. Unablässig strebte er daher darnach, die Wirkungsweise der Lebenskraft und die Thätigkeit der bewussten Seele mittelst der Thatsachen zu begrenzen und die Existenz einer solchen zu beweisen oder eventuell zu widerlegen. Gerade das Ringen dieser genialen Natur nach Befreiung von den Fesseln metaphysischer Denkweise machte einen tiefen unauslöschlichen Eindruck auf seine hervorragendsten Schüler.

Helmholtz gab dieser gemeinsamen Empfindung seiner durch ernstes, wissenschaftliches Streben und innige Freundschaft verbundenen Studiengenossen (unter denen E. du Bois-Reymond, E. Brücke, C. Ludwig und Virchow genannt werden mögen) Ausdruck in dem auf ihn selbst in vollstem Masse anwendbaren Worte[1]):

[1]) Ueber die akademische Freiheit der deutschen Universitäten. Vorträge und Reden, Bd. II pag. 207.

„Wer einmal mit einem Manne ersten Ranges in Berührung gekommen ist, dessen geistiger Masstab ist für das Leben verändert; zugleich ist solche Berührung das Interessanteste was das Leben bieten kann.“

Das von dem grossen Meister begonnene Werk vollendeten seine Schüler mit durchschlagendem Erfolge, indem dieselben in der Physiologie der physikalischen Richtung zum Siege verhalfen. Während hiebei die Mehrzahl die für die fernere Entwickelung so ungemein wichtigen Aufgaben übernahm, zunächst die angedeuteten Wege auszuführen, auszubauen und allgemein zugänglich zu machen, war es Helmholtz vergönnt, unter Benützung des mächtigen Hülfsmittels der mathematischen Analysis nicht nur ganz neue Wege zu entdecken, sondern, was noch wichtiger war, Aussichtspunkte zu eröffnen, die eine sichere und rasche Orientierung in allen Gebieten der exakten Naturforschung gestatteten. Sehr treffend bemerkte der berühmte, mit ihm innig befreundete Philosoph Zeller[1]): Noch höher als die so ausserordentlich fruchtbare Durchforschung scheinbar ganz verschiedenartiger Gebiete ist die grosse geistige Kraft zu schätzen, die Helmholtz in den Stand setzte, sich vor dem Verlieren im Einzelnen zu bewahren, den ganzen Reichtum seines Wissens zu beherrschen und in einen begrifflichen Zusammenhang zu bringen[1]).

Schon während seiner Studienzeit begann Helmholtz sich mit der Erforschung des Wesens der Lebenskraft zu beschäftigen. Nach der damals noch herrschenden Ansicht von Stahl sollten die während des Lebens durch die Seele in ihrem Wirken gehemmten physikalischen und chemischen Kräfte erst nach dem Tode frei walten können und alsdann die Erscheinungen der Fäulnis herbeiführen. Diese Erklärungsweise erschien dem jungen Forscher widernatürlich; doch gelang es ihm erst nach grosser Mühe, die sich ihm aufdrängenden Gedanken bis zur Stellung von präzisen Fragen durchzuarbeiten.

Inzwischen war er beim Ordnen der Bibliothek des militärärztlichen Institutes mit den Werken von d'Alembert und von unserem (heute noch nicht von allen Physikern gebührend gewürdigten) Landsmann Daniel Bernoulli bekannt geworden. Sofort vertiefte er sich in dieselben und speziell in die mannigfachen Anwendungen, welche D. Bernoulli von dem von Leibnitz aufgestellten Begriff der lebendigen Kraft, als des Arbeitsäquivalentes bewegter Massen bei der Lösung physikalischer Probleme bereits zu machen verstanden hatte. Ohne die Beihülfe von Jakobi und Dirichlet, die damals in Berlin

---

[1]) Festschrift pag. 46.

lehrten, wuchs auf Grund dieses Studiums der Originalwerke Helmholtz zu einem Mathematiker ersten Ranges heran. Er verstand leicht, weshalb die tiefen Denker des vergangenen Jahrhunderts das Gesetz der Erhaltung der lebendigen Kraft zunächst nur auf diejenigen Kräfte beschränkt hatten, die von der Zeit und Geschwindigkeit unabhängig sind, eine besondere Art räumlicher Verteilung haben und heute unter dem Namen „konservative Kräfte“ zusammengefasst werden.

An strenge, wissenschaftliche Arbeit gewöhnt, konnten, wie Helmholtz hervorhebt, jene Forscher sich nicht entschliessen, die Vermutung, dass alle elementaren Kräfte konservativ seien, als einen wissenschaftlichen Satz auszusprechen, obschon sie von der Richtigkeit dieser Ansicht vollständig überzeugt waren.

Diese Zurückhaltung erschien Helmholtz so bewundernswert, dass er, selbst auf die Gefahr hin, der Priorität eines Gedankens verlustig zu gehen, dennoch keine Arbeit veröffentlichte, bevor ihm nicht jeder Punkt derselben als vollkommen strenge bewiesen erschien, nicht durch einen metaphysischen Trugschluss, sondern durch unanfechtbare Thatsachen.

Neben den mathematischen Studien kam schon damals die Beobachtung zu ihrem Rechte, nachdem es ihm gelungen war, die erforderlichen Hülfsmittel zu beschaffen. Es ist bezeichnend für das ernste Streben von Helmholtz, dass er die Ersparnisse, die ihm, während er am Typhus krank darniederlag, aus der unentgeltlichen Verpflegung in der Charité erwachsen waren, sofort zum Ankaufe eines Mikroskopes verwendete. Trotzdem dasselbe keinen hohen Anforderungen entsprach, so bereicherte Helmholtz damit doch sehr bald die biologischen Wissenschaften mit zwei Entdeckungen von höchster Bedeutung.

In seiner 1842 veröffentlichten Doktordissertation führte der kaum 21jährige Jüngling den Nachweis, dass bei den wirbellosen Tieren die Fortsätze der Ganglienzellen in Nervenfasern übergehen. Er lenkte dadurch die Aufmerksamkeit seiner Lehrer auf sich und dies hatte zur Folge, dass er zum Unterchirurg der Charité in Berlin und schon im folgenden Jahre zum Regimentsarzte bei den roten Husaren in Potsdam ernannt wurde.

Seine Pflichten treu erfüllend, verwendete er seine freien Stunden auf die Erforschung der Erscheinungen der Fäulnis und der Gährung. Es gelang ihm bereits 1843, durch sinnreiche Versuche nachzuweisen, dass diese Umsetzungen, nicht wie Liebig vermutete von der Einwirkung des Sauerstoffes, auch nicht von der Einführung schon fertiger Zersetzungsprodukte aus faulen-

den Substanzen herrühren, sondern (mit alleiniger Ausnahme eines besonderen Falles[1]) nur der direkten Einführung von organischen Keimen ihre Entstehung verdanken. Erst in neuerer Zeit ist die fundamentale Bedeutung dieser Arbeit erkannt worden, nachdem Pasteur mit den ihm zu Gebote stehenden vollkommeneren Hülfsmitteln die wichtige Frage selbständig und in vollem Umfange gelöst hatte.

Diese Untersuchungen und theoretische Betrachtungen befestigten Helmholtz mehr und mehr in der Ueberzeugung, dass die Stahlsche Voraussetzung des Vorhandenseins einer Lebenskraft im Grunde genommen identisch sei mit der Annahme der Möglichkeit eines Perpetuum mobile. Diese galt jedoch schon damals (wenigstens unter Benützung mechanischer Kräfte) als widersinnig, wie der bereits im Jahre 1775 von der französischen Akademie gefasste Beschluss bewies: Arbeiten, die das Perpetuum mobile oder die Quadratur des Zirkels beträfen, nicht mehr anzunehmen, obschon der direkte Beweis für die Unmöglichkeit beider Probleme noch nicht erbracht war.

So gelangte Helmholtz endlich zu einer klaren, präzisen Fragestellung und damit war Alles gewonnen, denn die Ausführung und die Anwendung ergaben sich für ihn von selbst, wenn auch im Einzelnen noch viele Arbeit zu verrichten war. „Es handelte sich zunächst darum, festzustellen, welche Beziehungen zwischen den verschiedenartigen Naturkräften stattfinden müssen, wenn allgemein kein Perpetuum mobile möglich sein solle, und ferner an der Hand des zur Zeit vorliegenden Beobachtungsmateriales zu prüfen, ob thatsächlich alle diese Beziehungen bestehen.“

In ähnlicher Weise wie zuerst Sadi Carnot 1824 und Clapeyron 1833 dies bei ihren fundamentalen Arbeiten für die Wärme gethan, geht Helmholtz von der Annahme aus, dass es unmöglich sei durch irgend eine Kombination von Naturkörpern Kraft (diese im Sinne eines Arbeitsäquivalentes aufgefasst) fortdauernd aus Nichts zu erschaffen. Er führt nun auf den Gebieten der mechanischen Bewegung, der Wärme, der Elektrizität, des Magnetismus und Elektromagnetismus den Nachweis für die Anwendbarkeit des mit der obigen Annahme identischen allgemeineren Prinzips der Erhaltung der Kraft und kommt zu dem Resultate, dass dasselbe keiner bisher bekannten Thatsache widerpreche, von einer grossen Zahl derselben aber in einer auffallenden Weise bestätigt werde.

[1]) Zur Erkennung, dass auch in diesem Falle Organismen die Ursache der eingetretenen Fäulnis waren, reichte die nur 400fache Vergrösserung seines Mikroskopes nicht aus.

Aber erst nachdem er die Allgemeinheit dieses Gesetzes auch auf dem Gebiete der Physiologie erprobt hatte und theoretisch gefolgerte Beziehungen in betreff der Wärmeentwickelung und des Stoffwechsels bei der Muskelaktion durch das Experiment bestätigt fand, entschloss er sich, diese kritischen Untersuchungen zu veröffentlichen, um auf die Fruchtbarkeit des Gesetzes aufmerksam zu machen. Vollkommen darauf gefasst, dass die Mehrzahl der Physiker erklären würden, dass Alles längst bekannt sei, war er nicht wenig überrascht, als er diese im allgemeinen eher geneigt fand, die Richtigkeit des Gesetzes zu bestreiten. Poggendorff lehnte die Veröffentlichung der Arbeit in den von ihm redigierten Annalen ab. Unter den Akademikern trat nur Jakobi[1]) für Helmholtz ein und schützte ihn vor Missdeutung. Jakobi hatte eben selbst auf dem Gebiete der Mechanik Hervorragendes geleistet und war daher im stande, den Zusammenhang der Arbeit von Helmholtz mit dem Gedankengange von d'Alembert und Bernoulli in vollem Umfange zu würdigen.

Um so erfreulicher war die Anerkennung, welche Helmholtz seitens der jüngeren Generation, speciell von der einige Jahre zuvor in Berlin gegründeten

[1]) Magnus in seiner Bescheidenheit hat sich vorerst wohl nicht für kompetent gehalten, ein massgebendes Urteil zu fällen, da er der Ansicht war, dass zwischen mathematischer und experimenteller Physik eine scharfe Grenze zu ziehen sei. Obschon er die letztere Richtung hervorragend vertrat, so hat er doch die Arbeiten von Helmholtz, Kirchhoff und Clausius, die in dem ihm ferner liegenden Gebiete wurzelten, doch stets freudig anerkannt. Hiefür, sowie für das wohlwollende Entgegenkommen, das Magnus Helmholtz bewies, indem er ihn veranlasste, die Versuche über Fäulnis und Gährung in seinem wohl ausgerüsteten Privatlaboratorium fortzusetzen, hat dieser in seiner inhaltreichen und formvollendeten Gedächtnisrede mit warmen Worten den tiefgefühlten Dank ausgesprochen. Bei diesem Anlasse hat Helmholtz auch ausdrücklich bemerkt, dass die Abneigung der experimentellen Physiker gegen die damals in Deutschland meist übliche Art, die theoretische Physik zu behandeln, nicht ganz unberechtigt gewesen sei, da erst Gauss, W. Weber und F. E. Neumann darin Wandel geschaffen hätten. Bei jeder Gelegenheit hebt er ferner die für die Arbeiten F. Neumanns so charakteristische Vorsicht hervor, mit welcher dieser scharfsinnige Physiker bei seinen grundlegenden theoretischen Arbeiten sich stets strenge innerhalb der Grenzen der Thatsachen zu halten wusste. — (Aber nicht nur als Forscher, auch als Lehrer hat der in grösster Zurückgezogenheit heute noch in Königsberg lebende Nestor der Physiker einen massgebenden Einfluss auf die neuere Richtung ausgeübt. Stets hat er seinen Schülern das Studium der Grundwerke, namentlich von Daniel Bernoulli (dem Clausius nicht hinreichend gerecht wurde) empfohlen. Er ist dabei mit gutem Beispiel vorangegangen. Lange Zeit war ferner F. Neumann der einzige Physiker in Deutschland, der die Bedeutung der Arbeiten von Fresnel erkannte und ihnen daselbst durch Besprechung in den Vorlesungen und durch eigene Forschungen zur Anerkennung verhalf.)

physikalischen Gesellschaft, zu Teil wurde. Physiologen und Physiker hatten sich zusammengefunden, um durch eine zweckmässige Arbeitsteilung eine allseitige Orientierung in der Litteratur zu ermöglichen und durch Berichte über eigene und bedeutende Forschungen Anderer sich gegenseitig anzuspornen. Auch der damalige Artillerielieutenant Werner Siemens hatte sich angeschlossen, und noch in seinen letzten Lebensjahren erinnerte er sich mit Freuden jener schönen Zeit, in welcher sowohl in den exakten Wissenschaften als in der Technik Entdeckung auf Entdeckung folgte und der Umschwung sich vollzog, der unser Jahrhundert markiert. In diesem Kreise fand Helmholtz Verständnis für seine Bestrebungen und bald auch in dem feinsinnigen Clausius einen treuen Bundesgenossen, der vorerst von den von Helmholtz selbst als noch zu schwach fundiert bezeichneten Punkten ausgehend, bald wesentlich dazu beitrug, den gewaltigen Bau zu befestigen und einzelne Flügel desselben auszubauen.

Dass ein ähnlicher Plan schon einige Jahre früher in den wesentlichen Grundzügen, wenn auch in anderem Stile, entworfen und der Grundstein bereits gelegt worden war gieng erst nachträglich aus einer durchaus berechtigten Prioritätsreklamation des Artztes Dr. Robert Mayer in Heilbronn gegenüber dem in Manchester lebenden Techniker J. P. Joule hervor.

Im Jahre 1842 hatte R. Mayer in Liebigs Annalen der Chemie und Pharmacie in dem nur etwa 8 Seiten umfassenden Aufsatze: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“, nicht nur die Ueberzeugung von der Aequivalenz der Wärme und Arbeit ausgesprochen, sondern sogar nach einer richtigen und zweckmässigen Methode den Arbeitswert einer Wärmeeinheit zu 365 Kilogrammeter berechnet[1]). In einer in Heilbronn 1845 veröffentlichten ausführlicheren Schrift, betitelt: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“, hatte er im wesentlichen bereits dasselbe Ziel verfolgt, wie später Helmholtz. Dieser hatte von den Arbeiten Mayers jedoch keine Kenntnis, als er seine Schrift über die Erhaltung der Kraft veröffentlichte, und schrieb die Entdeckung und erste Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Wärme Joule zu. Bereitwillig anerkannte er später die älteren Rechte Mayers und vertrat dieselben gegenüber den Freunden von

[1]) Unter Benützung genauerer Werte für das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen ergibt sich in Uebereinstimmung mit den von Joule nach verschiedenen Methoden und mit äusserster Sorgfalt experimentell ermittelten Zahlen das Aequivalent einer Wärmeeinheit zu 425 Kgm.

Joule. Niemals hat er selbst einen Anspruch auf die Entdeckung des Wärmeäquivalentes erhoben, ja sogar ursprünglich seine Arbeit gar nicht als eine originale, sondern nur als eine kritische angesehen. Bei der ganz eigenartigen Behandlung, welche dasselbe Thema von seiten Mayers erfuhr, hätten dessen Schriften keinen erheblichen Einfluss auf die Arbeiten von Helmholtz ausgeübt. Trotzdem war Helmholtz bestrebt, Mayer sogar mehr zuzuschreiben, als dieser selbst für sich beanspruchte[1]). Der lediglich von Dritten geführte Prioritätsstreit, in den Helmholtz verwickelt wurde, war im Grunde genommen auch nur ein letzter Versuch, die metaphysisch deduktive Beweisführung der rein induktiven überzuordnen. Dass Helmholtz unstreitig die Ehre der streng wissenschaftlichen Formulierung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie gebührt, daran ist im Ernste nie gezweifelt worden. Anderseits steht ebenso fest, dass Robert Mayer den Gedanken der Aequivalenz der Naturkräfte und den ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie zuerst ausgesprochen sowie die erste numerische Berechnung des Arbeitswertes der Wärme ausgeführt hat[2]).

Obschon nun festgestellt war, dass wenn Arbeit in Wärme verwandelt werde, eine Arbeit von 425 Kilogrammeter einer Wärmeeinheit (Calorie) äquivalent sei, so sagte doch dieser erste Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie und ebenso wenig das allgemeinere Prinzip von der Erhaltung der Kraft noch nichts darüber aus, ob z. B. die ganze, durch Umsetzung von Arbeit entwickelte Wärme wieder in Arbeit umgewandelt werden könne. Dagegen hatte in den Jahren 1824 und 1827 Sadi Carnot bereits nachgewiesen, dass Arbeit nur durch Ueberführung von Wärme von einem Körper von höherer Temperatur nach einem solchen von niedrigerer Temperatur gewonnen werden könne, und ferner, dass bei kalorischen Maschinen, die zwischen denselben Temperaturen arbeiten, der Nutzeffekt (d. h. das Verhältnis der in Arbeit verwandelten zur gesamten transportierten Wärme) derselbe sei. Helmholtz hatte nun in seiner Arbeit bemerkt, dass die von Clapeyron auf

[1]) Vergleiche Vorträge und Reden Bd. II pag. 191; Bd. I pag. 60, Robert Mayers Priorität. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. I pag. 71, sowie die von J. J. Weyrauch herausgegebenen Schriften und Briefe von R. Mayer Bd. I und II.

[2]) Unabhängig von Mayer hat der Däne Colding dasselbe gethan und sogar eine experimentelle Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Wärme vorgenommen. Es ist eine keineswegs seltene Erscheinung, dass wenn durch die Gesamtheit der vorangegangenen Arbeiten eine Frage spruchreif geworden ist, Lösungen gleichzeitig und unabhängig von einander, wenn auch nicht immer von demselben Punkte aus gefunden werden.

diesen Grundlagen entwickelten Folgerungen nur richtig seien, wenn das Quantum der Wärme konstant sei.

Clausius, der über die Arbeit von Helmholtz später in dem Colloquium von Magnus referierte, erfasste die Tragweite der in dem Abschnitt über das Kraftäquivalent der Wärme entwickelten Gesichtspunkte. Ihm gelang es sehr bald, den Carnot'schen Satz zu verbessern und in den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie umzugestalten, welcher in der von Clausius gegebenen Form lautet: „Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen".[1]) Auf diesen beiden Hauptsätzen die mechanische Theorie der Wärme im wesentlichsten aufgebaut zu haben, ist das unsterbliche Verdienst von Clausius und W. Thomson (jetzt Lord Kelvin), welch letzterer ebenfalls zunächst an die von Helmholtz erzielten Resultate sich anlehnte.

Lässt sich somit der Einfluss der von Helmholtz gegebenen Anregungen zunächst nur in den Untersuchungen einzelner hervorragender Forscher erkennen, so war derselbe in der Folge dennoch ein gewaltiger. Helmholtz selbst hatte während zweier Jahrzehnte keine Musse, um sich mit der Thermodynamik eingehend zu beschäftigen. Andere Interessen nahmen ihn in Anspruch, denn andere Wissenschaften bedurften einer Klarstellung und Förderung, die nur er zu geben im stande war.

Die in den Jahren 1845 und 1847 veröffentlichten Arbeiten über Stoffwechsel und Wärmeentwickelung bei der Muskelaktion hatten zur Folge, dass Helmholtz 1848 auf die Empfehlung von Johannes Müller hin als Lehrer der Anatomie an die Kunstakademie in Berlin und 1849 als Professor der Pathologie und Physiologie nach Königsberg berufen wurde.

Der auf der Gesamtheit der Naturwissenschaften basierenden Physiologie eröffnete nunmehr Helmholtz teils neue Gebiete, teils befestigte er die bereits vorhandenen durch grundlegende Arbeiten, überall durch die Hülfsmittel des wohl durchdachten Experimentes und der strengen Analysis Klarheit und Licht verbreitend. Es waren stets Probleme von weittragender, praktischer oder theoretischer Bedeutung, die er behandelte und die, obschon sie den verschiedensten Gebieten angehörten, doch stets in einem inneren logischen Zusammenhange standen. Die Orientierung auf einem ihm vorher noch fremden Gebiete erfolgte rasch, und sofort liess ihn die kritische Ordnung der That-

[1]) Dass hiezu ein Aufwand von Arbeit erforderlich ist, tritt namentlich bei den Kühl- und Eismaschinen klar hervor.

sachen die vorhandenen Lücken erkennen, die Gesichtspunkte finden, von denen aus das ganze Gebiet beherrscht werden könnte, zugleich auch die Methoden, um durch entscheidende Versuche dahin zu gelangen. Das weitere, die Ausführung der Arbeit, die Ueberwindung der technischen und mathematischen Schwierigkeiten gelang Helmholtz verhältnismässig leicht, sobald einmal die Fragestellung erzielt war.

Noch heute, nach einem halben Jahrhundert, sind nach dem übereinstimmenden Urteile kompetenter Fachmänner die publizierten kritischen Abhandlungen über tierische Wärme und über tierische Elektricität von hohem Werte. Sie lassen den unbefangenen Scharfblick erkennen, mit dem Helmholtz sofort den inneren Kern der Thatsachen zu erfassen und zu deuten verstand.

Die sorgfältige Vorbereitung auf die Vorlesungen, in denen er sich bestrebte, das Beste in relativ einfacher Darstellung und streng logischer Folge zu geben, führte ihn stets wieder auf neue Probleme, oder auf eine Methode bereits vorhandene zu lösen. Bei der Ueberlegung, wie er die von Brücke aufgestellte Theorie des Augenleuchtens am einfachsten seinen Schülern auseinandersetzen könne, stiess Helmholtz auf die Möglichkeit der Herstellung eines Augenspiegels. Der praktischen Ausführung stellten sich zwar grosse Schwierigkeiten entgegen, aber durch seine Gewandtheit im Experimentieren waren dieselben nach achttägiger Anstrengung glücklich beseitigt und nun wurde Helmholtz die grosse Freude zu teil, der Erste zu sein, der eine lebende menschliche Netzhaut klar vor sich liegen sah. Die ihm wohlbekannte Not der Augenärzte und die gesicherte theoretische Ueberzeugung, dass es gehen müsste, hatten ihn zum Ausharren bewogen. Dadurch wurde Helmholtz einer der grössten Wohlthäter der leidenden Menschheit, wenn er auch in seiner schlichten Weise bei der Enthüllung des Græfedenkmals den Augenspiegel mit dem Hammer verglich, der nur das Werkzeug in der Hand des Phidias gewesen sei. Bescheiden pflegte er überdies bei dieser Entdeckung dem Glücke die Hauptrolle zuzuschreiben, indem Brücke bei Aufstellung der Theorie des Augenleuchtens nur um Haaresbreite von der Erfindung des Instrumentes entfernt gewesen sei und auch sicherlich dieselbe gemacht hätte, wenn er sich die für seine zunächst liegenden Zwecke allerdings nicht notwendige Frage vorgelegt hätte, welchem optischen Bilde die aus dem leuchtenden Auge zurückkommenden Strahlen angehören.

Bei einem ähnlichen Anlasse fand Helmholtz eine Methode zur Lösung eines anderen Problems von grösster Wichtigkeit. Rasch folgte die Aus-

führung und schon im Jahre 1850 war die Wissenschaft um die allen bisherigen Annahmen direkt entgegenstehende Erkenntnis bereichert, dass zur Uebertragung von Willensäusserungen und Reizen durch die Nerven eine sehr wohl messbare Zeit erforderlich sei. Du Bois-Reymond war bereits früher auf diese Aufgabe geführt worden, hatte jedoch der enormen Schwierigkeiten wegen den Versuch zur Lösung nicht unternommen, umsomehr als Johannes Müller das Problem für unlösbar angesehen hatte. Helmholtz fand übereinstimmend auf zwei verschiedenen Wegen das Resultat, dass die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Reizung der motorischen Nerven nur 25 bis 38 m. pro Sekunde betrage, also etwa zehn Mal geringer sei, als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft.

Die zu diesem Zwecke von Helmholtz erfundene Methode, die direkte Aufzeichnung der Zuckungen zu bewerkstelligen, hat der Physiologie die grössten Dienste geleistet. Der Apparat zur Messung kleiner Zeitintervalle und das nach ihm benannte Pendel, haben heute noch für die Untersuchungen elektrischer Vorgänge eine grosse Wichtigkeit.

Im Verlaufe der Messungen sah Helmholtz sich genötigt, Versuche anzustellen über die Dauer der durch plötzliche Stromschwankungen induzierten Ströme. Das Ergebnis dieser beiläufigen Untersuchung fasste Helmholtz in einem allgemeinen mathematischen Prinzipe zusammen, welches heutzutage in der Elektrotechnik von fundamentaler Bedeutung ist.

Auf die grundlegende Arbeit über die Verteilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern, in welcher Helmholtz an die theoretischen Untersuchungen von v. Smaasen und Kirchhoff, sowie an die experimentellen Forschungen von du Bois-Reymond anknüpfend, 1853 die Theorie der Stromverteilung vertiefte und verallgemeinerte, können wir hier nicht näher eintreten. Wohl aber müssen wir noch einiger anderer Arbeiten gedenken, weil sie den Ausgangspunkt einer Reihe von Untersuchungen bilden, die nach einer ganz anderen Richtung hin bahnbrechend gewirkt haben.

In der anlässlich seiner 1852 erfolgten Ernennung zum ordentlichen Professor verfassten Habilitationsschrift: „Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben“ führt er den Beweis, dass die Mischung von Farbkörperchen nicht notwendig dieselbe Mischfarbe gebe, welche durch Zusammensetzung des entprechenden farbigen Lichtes gewonnen werde. Damit war die teilweise Unrichtigkeit der von und seit Newton ohne nähere Prüfung als gültig angesehenen Regeln für die Farbenmischung erwiesen und es entstand die Frage,

wie weit unsere Sinnesempfindungen, speciell die des Auges, den empfundenen Gegenständen entsprechen.

Johannes Müller hatte bereits im Allgemeinen nachgewiesen, dass die Qualität unserer Empfindungen, ob sie Licht oder Wärme, Ton oder Geschmack u. s. w. sei, nicht von den wahrgenommenen äusseren Objekten, sondern von dem Sinnesnerven abhängen, welcher die Empfindung vermittle. Demnach ist nicht alles Licht, was als Licht empfunden wird. Umgekehrt gibt es unsichtbares Licht, welches sich von dem empfundenen durch nichts anderes als durch eine grössere oder kleinere Wellenlänge und eine entsprechend kleinere oder grössere Zahl der Schwingungen unterscheidet. Längere Wellen werden von der Hand als Wärme empfunden. So entwickelt demnach die Strahlung, je nach dem thätigen Nervenapparate, die verschiedenartigsten Empfindungen, die beweisen, dass ihre Qualität nicht durch den wirkenden Gegenstand, sondern durch den in Thätigkeit gesetzten Nervenapparat bestimmt wird.

Aehnlich verhält es sich mit der Farbenempfindung[1]), so dass die Gleichheit der Farbe verschieden zusammengesetzten Lichtes nur subjektiven, nicht objektiven Wert hat. Dies ist auch der Fall bei der Farbe als Eigenschaft der Körper, die nur farbig erscheinen, weil sie nicht alle Arten der auffallenden Lichtwellen zurückwerfen. Drei Körper, von denen der eine nur rotes und gelbes, der zweite nur orangefarbenes, der dritte rotes, orangefarbenes und gelbes Licht zurückwirft, werden bei auffallendem weissen Licht dieselbe Farbe zeigen, trotzdem sie in ihrer Struktur offenbar ganz verschieden sind, so dass die Aehnlichkeit keinen objektiven, sondern nur subjektiven Wert hat. Ferner können Körper der allerverschiedensten Art gleiche Farben haben und die allerähnlichsten verschiedene.

„Wir können das Verhältnis vielleicht am schlagendsten bezeichnen, wenn wir sagen: Licht- und Farbenempfindungen sind nur Symbole für Verhältnisse der Wirklichkeit; sie haben mit den letzteren ebenso wenig und ebenso viel Aehnlichkeit oder Beziehung, als der Name eines Menschen, oder der Schriftzug für den Namen mit dem Menschen selbst. Sie benachrichtigen uns durch die Gleichheit oder Ungleichheit ihrer Erscheinung davon, ob wir es mit denselben oder anderen Gegenständen und Eigenschaften der Wirklichkeit zu thun haben, ebenso wie wir in der Erzählung von fremden Menschen

---

[1]) Wissenschaftliche Abhandlungen II pag. 3—23; pag. 591—609.

und Städten an dem gleichen oder ungleichen Namen erfahren, ob von denselben oder anderen die Rede ist. Weiter leisten sie aber auch nichts. Ueber die wirkliche Natur der durch sie bezeichneten äusseren Verhältnisse erfahren wir durch sie ebenso wenig wie aus den Namen über die unbekannten Menschen und Städte, und der Physiker, welcher dieselben Verhältnisse der Wirklichkeit auf anderem mittelbarem Wege näher kennen lehrt, vertritt die Rolle desjenigen, der uns durch Beschreibung das Aussehen und die Art jener Menschen und Städte kennen zu lehren sucht." . . . . . „Man denke aber weiter, wie sich unsere Vorstellung von der Sinnenwelt ohne die Symbolik unserer Sinne verhalten würde, wenn wir fähig wären, das direkt wahrzunehmen, dem sich der Physiker durch lange Verkettung von Schlüssen nähert: überall nichts als immer wieder dasselbe einförmige Wirken anziehender und abstossender Molekularkräfte, keine Mannigfaltigkeit als der dürre Wechsel der Zahlenverhältnisse, kein Licht, keine Farbe, kein Ton, keine Wärme! Dank sei unseren Sinnen, sie zaubern uns aus den einen Schwingungsverhältnissen Licht und Farben oder Wärme hervor, aus den anderen Töne; chemische Anziehungskräfte werden wiedergegeben als Geschmack und Geruch, kurz die ganze entzückende Pracht und belebende Frische der Sinnenwelt verdanken wir erst den Symbolen, durch welche sie uns die Nachrichten davon überbringen."

In allgemein fasslicher, meisterhafter Darstellung hat Helmholtz 1855 in einer Rede „Ueber das Sehen des Menschen"[1]) diese und weitergehende Untersuchungen einem gebildeten Publikum zugänglich gemacht. Damals stand er noch in Bezug auf den Anteil, welchen die besonderen eingeborenen Gesetze des Geistes, gleichsam die Organisation des Geistes, an unseren Raumvorstellungen haben, im wesentlichen auf dem von Kant seinerzeit vertretenen Standpunkte. Wir werden unten zeigen, dass es ihm gelang, später diesen Teil der Kantschen Philosophie zu berichtigen. Dies war jedoch erst möglich nach der ein Jahrzehnt beanspruchenden Ausführung des Vorsatzes „die wesentlichen Grundlagen der physiologischen Optik durch Versuche zu prüfen, beziehungsweise zu begründen".

In die Zeit des Aufenthaltes in Königsberg fällt noch eine ausführliche Widerlegung einiger von Clausius gegen die Verallgemeinerung des Prinzips der Erhaltung der Kraft erhobenen Einwände, der in den weitesten Kreisen

---

[1]) Vorträge und Reden Bd. I. pag. 367—396.

bekannt gewordene Vortrag über Göthes naturwissenschaftliche Arbeiten[1]), sowie derjenige über die Wechselwirkung der Naturkräfte.[2]) Indem Helmholtz über die wissenschaftliche, technische und kosmische Bedeutung des Prinzipes der Erhaltung der Energie Klarheit in weiteren Kreisen verbreitete (und dabei auch der Verdienste Mayers gedachte), erzwang er die Anerkennung der von ihm gegebenen Formulierung des allgemeinen Naturgesetzes, geleitet von der Ueberzeugung:

„Die besten Gedanken kommen in Gefahr, fruchtlos zu bleiben, wenn „ihnen nicht die Arbeitskraft zur Seite steht, welche ausharrt bis der über-„zeugende Beweis für ihre Richtigkeit geführt ist.“

Im Herbste 1855 wurde Helmholtz als Professor der Anatomie und Physiologie nach Bonn berufen, woselbst er drei Jahre lehrte, dann aber einem Rufe als Professor der Physiologie nach Heidelberg folgte, da ihm daselbst wesentlich grössere experimentelle Hülfsmittel zur Verfügung gestellt wurden. Trotz der kurzen Rast in der kunstliebenden, schön gelegenen rheinischen Universitätsstadt und der bereits begonnenen kritischen Sichtung und Vervollständigung des Materiales für seine physiologische Optik, legte Helmholtz daselbst den Grund zu einer neuen Seite seiner Thätigkeit, die ihm die Tonempfindungen erschloss.

Die ersten Arbeiten bezogen sich auf die Differenz- und Summationstöne, die entstehen, wenn zwei einfache, ungleich hohe Töne (d. h. Töne von ungleicher Zahl von Schwingungen pro Sekunde) gleichzeitig erklingen. Um dieselben nachzuweisen erfand Helmholtz die nach ihm benannten Resonatoren (Pappcylinder oder Hohlkugeln von Glas oder Metall mit Schallöffnungen), die auf einzelne Töne abgestimmt waren und diese verstärkt wiedergaben. Mittelst dieses neuen Hülfsmittels analysierte er die Akkorde nicht nur in Bezug auf die Kombinationstöne, sondern auch auf die von jedem Ton für sich erzeugten Obertöne[3]) und erlangte dadurch eine vollständige Klarheit über die eigentlichen Ursachen der Harmonie und der Disharmonie der Töne.

Dass nur die Tonintervalle angenehm klingen, bei denen die Schwingungszahlen der Töne in einfachen ganzen Zahlenverhältnissen stehen, war schon Pythagoras bekannt. Den Grund hiefür fand nun erst Helmholtz in dem Zusammenwirken der Obertöne, deren grössere oder geringere Anzahl überdies den Unterschied des Klanges der verschiedenen Instrumente bedingt.

---

[1]) Vorträge und Reden Bd. I pag. 1—24.

[2]) Vorträge und Reden Bd. I. pag. 27—74.

[3]) Von diesen bilden die 5 ersten Oktaven, Quinten und Terzen des Grundtones.

Nahe gleichhohe Töne verstärken und schwächen sich periodisch, sie erzeugen Schwebungen, die unser Ohr ebenso unangenehm empfindet wie das Auge flackerndes Licht. Dies gilt, wie Helmholtz zeigte, besonders von den Schwebungen der Obertöne. Da unser Ohr unbewusst die Töne in Accorde mit vorwiegendem Grundton und in Obertöne zerlegt, so spielen diese eine wichtige Rolle bei der künstlerischen Wirkung der Musik. „Harmonie und Disharmonie scheiden sich dadurch, dass in der ersteren die Töne neben einander so gleichmässig abfliessen, wie jeder einzelne für sich, während in der Disharmonie Unverträglichkeit stattfindet, und sie sich gegenseitig in einzelne Stösse zerteilen.“ „In der Disharmonie fühlt sich der Hörnerv von den Stössen unverträglicher Töne gequält, er sehnt sich nach dem reinen Abfluss der Töne in der Harmonie und drängt zu ihr hin, um in ihr besänftigt zu verweilen. So treiben und beruhigen beide abwechselnd den Fluss der Töne, in deren unkörperlicher Bewegung das Gemüt ein Bild der Strömung seiner Vorstellungen und Stimmungen anschaut.“

Als einem vorzüglichen Kenner der klassischen Musik und tüchtigen Klavierspieler erwuchs Helmholtz aus der Erkenntnis des Grundgesetzes der musikalischen Schönheit ein doppelter Genuss. Sein Ohr war so geschult, dass es nicht nur die Schönheiten der Harmonie im Ganzen zu empfinden, sondern auch bewusst im Einzelnen zu verfolgen vermochte.

In einem inhaltreichen und anregenden Vortrage „Ueber die physiologischen Grundlagen der Harmonie“ [1]) suchte er durch Mitteilung der Ergebnisse seiner Forschungen und einer Anleitung zur Schulung des Gehörs, auch Anderen diese edle Freude zugänglich zu machen.

Die Heidelberger Periode war ungemein fruchtbar, ja sie würde für sich allein genommen schon ausreichen, um Helmholtz den Ruhm des hervorragendsten und allseitigsten Forschers unseres Jahrhunderts auf die Dauer zu sichern.

Schon 1862 veröffentlichte er sein ganz vortreffliches Werk „Die Lehre von den Tonempfindungen“, nachdem er durch eine nähere Prüfung der Klangfarben der Instrumente und der Vokale die in Bonn bereits erzielten Resultate noch nach allen Richtungen hin wesentlich erweitert und zu einem harmonischen Ganzen vereinigt hatte. Dieses Buch fand überall die freudigste Aufnahme, nicht nur in den Kreisen der Physiologen[2]), Physiker und

---

[1]) Reden und Vorträge Bd. I pag. 79.

[2]) Durch eine mustergültige, äusserst sorgfältige Untersuchung über den anatomischen Bau des Ohres hat Helmholtz die Physiologie dieses Sinnesorganes vertieft und der Ohrenheilkunde die notwendige anatomische Unterlage gegeben.

Sprachforscher, sondern, weil leicht verständlich, auch bei Musikern und Dilettanten.

Wenige Jahre später (1865) gelangte das klassische Handbuch der physiologischen Optik zum Abschluss[1]). Die darin enthaltenen neuen Ergebnisse wurden von Helmholtz durch einen Cyklus von populär-wissenschaftlichen Vorträgen: „Ueber die neueren Fortschritte in der Theorie des Sehens“ in klarer, allgemein verständlicher Ausdrucksweise bekannt gemacht.

Die Beweggründe, die ihn hiebei leiteten und die ihn auch bestimmten, die Uebersetzung der Vorträge Tyndalls[2]) zu überwachen, hat Helmholtz dargelegt in seiner Vorrede zu der Uebersetzung von dessen „Fragments of Science“ (die im II. Bande der Reden und Vorträge zum Wiederabdrucke gelangte). Von den verschiedensten Gesichtspunkten aus tritt er warm dafür ein, dass seitens der Fachgelehrten durch Cyklen namentlich experimenteller Vorträge sicher gestellte Ergebnisse der Naturwissenschaften in möglichst ansprechender Weise allen Klassen der Bevölkerung zugänglich gemacht werden. Wir müssen uns hier beschränken, von der äusserst lesenswerten Schrift nur eine einzige Stelle herauszugreifen.

„Abgesehen also vom natürlichen Drange jedes warmherzigen Menschen zu dem, was er als wahr und richtig erkannt hat, auch andere hinzuleiten, wird für jeden Freund der Naturwissenschaften ein mächtiges Motiv, sich an solcher Arbeit zu beteiligen, in der Ueberlegung liegen, dass die Weiterentwickelung dieser Wissenschaften selbst, die Entfaltung ihres Einflusses auf die menschliche Bildung und, insofern sie ein notwendiges Element dieser Bildung sind, sogar die Gesundheit der weiteren geistigen Entwickelung des Volkes davon abhängt, dass den gebildeten Klassen Einsicht in die Art und die Erfolge der naturwissenschaftlichen Forschung so weit gegeben wird, als es ohne eigene eingehende Beschäftigung mit diesen Fächern überhaupt möglich ist.“

---

[1]) Bis zu seinem Lebensende war Helmholtz, mit Unterstützung seines Schülers Prof. A. König in Berlin, bemüht, die im Erscheinen begriffene zweite Auflage dem jetzigen Stande der Wissenschaft entsprechend zu gestalten und durch neue Untersuchungen einzelne Partien zu bereichern.

[2]) Diese ganz vorzüglichen Uebersetzungen, die geradezu reformierend auf die Behandlung der Experimentalphysik in Deutschland gewirkt haben, verdanken wir hauptsächlich Helmholtz's geistvoller Gemahlin Anna geb. v. Mohl. Ihrer unbegrenzten Hingebung, ihrem vollen Verständnis für die Bedeutung ihres Mannes, ihrer Energie und Arbeitskraft ist es zuzuschreiben, dass viele seiner Gedanken überhaupt verwirklicht werden konnten.

Nachdem Helmholtz durch einige ergänzende Arbeiten seine Untersuchungen „Ueber das Sehen“ abgeschlossen hatte, suchte er auf Grund der Gesamtheit aller ihm zu Gebote stehenden Erfahrungsthatsachen den Anteil abzuwägen, den einerseits die Sinneswahrnehmungen, anderseits die nach Kant eingebornen Gesetze des Geistes auf unsere Raumanschauung ausüben.

Das Endresultat dieser bis in die neueste Zeit fortgesetzten Untersuchungen ist in Uebereinstimmung mit dem von mehreren Mathematikern bereits früher gelieferten Nachweise, dass andere Raumvorstellungen möglich seien und zu einer anderen Art von Geometrie führen, deren Axiome aber mit denjenigen der auf drei Dimensionen sich beschränkenden Euklidischen Geometrie nicht übereinstimmen. Somit beruhen die Grundwahrheiten dieser letzteren nicht auf eingebornen Vorstellungen, sondern die Erkenntnis derselben ist das Ergebnis der Deutung unserer Sinneswahrnehmungen.

Von grösster Wichtigkeit und Tragweite ist ferner eine in Heidelberg abgeschlossene, äusserst schwierige mathematische Untersuchung über die Wirbelbewegungen, durch die es Helmholtz gelang, diese in der Natur vielfach entstehenden Bewegungen festen, mit der Erfahrung übereinstimmenden Gesetzen zu unterwerfen. Vergeblich hatten seit Euler und Lagrange die grossen Mathematiker die Lösung dieses Problems versucht. Helmholtz gelang dieselbe auch nur auf dem Wege allmählig wachsender Verallgemeinerungen. Die Bedeutung dieser Arbeit beschränkt sich aber keineswegs darauf, dass nunmehr wichtige Aufgaben strenge behandelt werden können, die bis dahin unlösbar schienen. Denn da die Bewegungen von Wirbelringen unter gewissen Voraussetzungen unzerstörbar sind und thatsächlich Erscheinungen aufweisen ganz analog denjenigen, die den Atomen wägbarer Stoffe zugeschrieben werden müssen (Anziehungen, Abstossungen, Verschlingungen in begrenzter Zahl u. s. w.), so sieht nunmehr William Thomson (Lord Kelvin) die Atome nur als Wirbelringe im Aether an. Helmholtz hat sich in der letzten Zeit seines Lebens aufs neue mit diesen Untersuchungen beschäftigt. Als Thema eines an der Naturforscherversammlung zu Wien zu haltenden Vortrages hatte er angekündigt: „Ueber scheinbare Substanzen und bleibende Bewegungen“. Der Vortrag befindet sich vollständig ausgearbeitet in seinem Nachlasse.

Um Zeit für diese, nach den verschiedensten Richtungen unser Wissen erweiternden und bis zu den äussersten Grenzen des Denkens konsequent ver-

folgten Untersuchungen zu gewinnen, überliess Helmholtz die Weiterführung seiner in Königsberg begonnenen Untersuchungen über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung von Nervenerregungen beim Menschen und über die Zeit, die verfliesst, bis ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt, hauptsächlich seinem Schüler Baxt aus Petersburg, doch beteiligte er sich an diesen und anderen Untersuchungen seiner Schüler, bis ihm der Erfolg gesichert schien. Er selbst wandte sich schwereren Forschungen von unsicherem Erfolge zu, hauptsächlich auf dem Gebiete der Elektrodynamik.

Mitten in diesen Arbeiten wurde er im Jahre 1871 zum Nachfolger von Magnus als Professor der Physik und Leiter des neu gegründeten physikalischen Institutes nach Berlin berufen. Mit dem Bewusstsein, die neue Richtung der Physiologie, ja sogar der Medizin in erster Linie mitbegründet zu haben, konnte er die neue Stellung annehmen und sich nunmehr seiner Lieblingswissenschaft, der Physik, fast zwei Jahrzehnte gänzlich widmen, um schliesslich im Vereine mit Werner von Siemens der Technik noch unschätzbare Dienste zu leisten.

Durch das Zusammenwirken mit seinen Freunden E. du Bois-Reymond, Kirchhoff und Hofmann begann die Glanzperiode der exakten Naturwissenschaft an der Berliner Universität.

Während der Leitung des physikalischen Institutes durch Helmholtz wurde dasselbe zu einem Centralpunkt physikalischer Forschung. Aus allen Ländern strömten die Schüler herbei, um aus dem unversiegbaren Born von Ideen zu schöpfen, den Helmholtz Allen zur Verfügung stellte, die es mit der Arbeit ernst nahmen und sich fähig erwiesen. Anmassende Streber wusste Helmholtz durch eine vornehm-kühle Zurückhaltung in die gebührenden Schranken zurückzuweisen.

Trotz der vielen amtlichen Arbeiten fand Helmholtz dennoch Zeit, zunächst durch eingehende kritische Untersuchungen vollständige Klarheit über die verschiedenen Theorien der Elektrodynamik zu verbreiten.

Die Gesetze der Wechselwirkung von Stromelementen wurden meist aus einer Annahme von W. Weber abgeleitet, dass ähnlich wie bei der Massenanziehung die Wirkungen augenblicklich selbst bis in unendliche Fernen sich verbreiten; aber nicht nur von den Elektricitätsmengen und dem Quadrate der Entfernung, sondern auch noch von der Geschwindigkeit abhängen, mit welcher sich die elektrischen Mengen einander näherten oder von einander entfernten. Diese letztere Annahme machten F. Neumann, dessen Sohn

C. Neumann, Clausius, Riemann und andere bei Aufstellung der Elementargesetze, bei denen im wesentlichen nur die Annahme über die Art der Wirkung verschieden war. Alle diese Hypothesen führten zu wenig übersichtlichen Rechnungen. Helmholtz sah ein, dass auf diesem Wege ein weiterer Fortschritt nicht möglich sei und suchte Wandel zu schaffen durch eine kritische Festlegung der charakteristischen Folgerungen der verschiedenen Theorien, um wo möglich durch passende Versuche eine Entscheidung herbeizuführen. Er fand, dass alle diese Hypothesen die Erscheinungen von elektrischen Strömen in geschlossenen Leitern gleich gut darstellten. Dagegen führten dieselben auf Widersprüche für Ströme in ungeschlossenen Leitern, die in isolierenden Nichtleitern endigen. Ueberdies erschien die von W. Weber gemachte Annahme eines Beharrungsvermögens der elektrischen Mengen (ähnlich demjenigen der wägbaren Massen) zu unwahrscheinlich.

Helmholtz stellte daher 1879 den Studierenden die Preisfrage, diese Annahme durch eine experimentelle Untersuchung zu prüfen. Hertz zeigte 1880, dass falls die Elektricität überhaupt Trägheit besitze, diese jedenfalls nur einen verschwindend kleinen Einfluss auszuüben vermöge.

Im Gegensatze zu der Mehrzahl der Physiker hielt Faraday in England momentane und unmittelbare Wechselwirkungen zwischen zwei räumlich getrennten elektrischen Körpern für unmöglich. Seiner Ansicht nach war die Ausbreitung der Wirkungen eine zeitliche und herbeigeführt durch Veränderungen in den zwischenliegenden Nichtleitern. Es gelang ihm, solche Veränderungen in der That experimentell nachzuweisen. Danach war der Sitz der Elektricität gerade im Nichtleiter zu suchen und das Entstehen und Vergehen gewisser Spannungserscheinungen in diesem die eigentliche Ursache der in den Leitern auftretenden elektrischen Erscheinungen. Faraday hatte auch erkannt, dass die Verteilung der Fernwirkungen im Raume bei dieser Annahme den beobachteten Thatsachen ebenfalls entsprach.

Maxwell gründete hierauf seine Theorie der Elektrodynamik. Für diese war entscheidend, ob das Entstehen und Vergehen solcher Veränderungen in den Nichtleitern dieselben elektrodynamischen Wirkungen in der Umgebung hervorbringe wie ein galvanischer Strom in einem Leiter.

Da Helmholtz klar war, dass mittels des Studiums der Vorgänge, welche durch sehr schnelle elektrische Schwingungen veranlasst werden, diese wichtige, principielle Frage gelöst werden könnte, so machte er dieselbe zum Gegenstand der grossen Preisfrage der Berliner Akademie.

Den Nachweis für die Richtigkeit der Maxwellschen Theorie zu führen, war Hertz vorbehalten. Wie er durch scharfsinnige Ueberlegungen und Experimente von Stufe zu Stufe fortschreitend dieses Endziel im Jahre 1888 erreichte, hat er in seiner aufrichtigen und äusserst lehrreichen Einleitung zu seinem Werke: „Ueber die Strahlen der elektrischen Kraft“ auseinandergesetzt. Ein wesentlicher Teil der Bedeutung dieser Hertz'schen Untersuchungen liegt darin, dass durch diese die Zahl jener unerklärbaren momentan in unendliche Fernen wirkenden Kräfte auf eine einzige, die Gravitation, beschränkt wurde.[1])

Während nun Hertz ausdrücklich betonte, wie sehr seine Arbeiten auf denjenigen von Helmholtz fussten, anerkannte dieser sie stets als durchaus selbständige, bahnbrechende Untersuchungen.

Unvergesslich wird der Eindruck jedem bleiben, welcher der Sitzung beiwohnte, in der Helmholtz über die Untersuchungen von Hertz „Ueber die Strahlen elektrischer Kraft“ referierte. Die innigste, reinste Freude spiegelte sich in dem Antlitz des grossen Meisters wieder, der mit beredten Worten und fast jugendlicher Frische die Bedeutung und die Tragweite dieser fundamentalen Arbeit klarlegte und uns für dieselben begeisterte.

In der sicheren Hoffnung, dass Hertz, der sich in seinen Vorstellungskreis eingelebt und die grösste Selbständigkeit des Denkens errungen hatte, die bedeutenden, sich ihm entgegenstellenden Schwierigkeiten zu überwinden und die Entscheidung herbeizuführen vermöge, hatte sich Helmholtz anderen Arbeiten zugewandt. Hiebei war er von den Beziehungen zwischen den chemischen Vorgängen in galvanischen Elementen und den Wärmeentwickelungen in diesen und im Stromkreise ausgegangen, die er bereits bei der Formulierung des Gesetzes der Erhaltung der Energie in den Kreis seiner Betrachtung gezogen hatte. Nach der inzwischen von Clausius präziser gefassten Form des Carnot'schen Satzes kann Wärme nicht unbeschränkt, sondern nur teilweise

---

[1]) Nur einen Teil dieser Untersuchungen bildet die berühmte Arbeit, durch welche Hertz experimentell bewies, dass die Wellen elektrischer Kraft transversal zur Fortpflanzungsrichtung seien und daher dieselben Gesetze der Reflexion, Brechung und Polarisation befolgen wie die Lichtwellen. Beide Wellen haben dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 300 000 km. pro Sekunde; die Zahl der Schwingungen ist jedoch bei den Wellen elektrischer Kraft sehr viel kleiner und die Länge der Wellen entsprechend grösser. Während die von unserem Auge noch als Licht empfundenen Wellenlängen nur 0.3 bis 0.7 Tausendstel-Millimeter betragen, variieren die Längen der Wellen elektrischer Kraft von Decimetern bis zu Kilometern.

und unter gewissen Bedingungen in Arbeit verwandelt werden. Helmholtz stellte sich daher die Frage, ob nicht auch bei den chemischen Vorgängen eine Scheidung zwischen dem freier Verwandlung in andere Arbeitsformen fähigen Teile ihrer Verwandtschaftskräfte und dem nur als Wärme erzeugbaren Teile vorgenommen werden müsse. Er unterschied zwischen freier und gebundener Energie und zeigte hierauf, „dass die aus dem Ruhezustande und bei konstant gehaltener gleichmässiger Temperatur des Systems von selbst eintretenden, ohne Hülfe einer äusseren Arbeitskraft fortgehenden Prozesse nur in solcher Richtung vor sich gehen können, dass die freie Energie abnimmt.“ Somit entscheiden allein die Werte dieser und nicht diejenigen der Gesamtenergie den Sinn, in dem die chemische Verwandtschaft thätig werden kann. Hiemit hatte Helmholtz die Dynamik chemischer Vorgänge, namentlich die Erscheinungen der Dissociation (d. h. des Zerfalles von Molekülen), dem Verständnis wesentlich näher gebracht und eine äusserst fruchtbare, allgemeine Grundlage zur theoretischen Behandlung dieser Vorgänge geschaffen.

Aber auch die Thermodynamik sollte eine weitere Vertiefung erfahren durch Einführung der cyklischen Bewegungen, deren fundamentale Bedeutung aus den Arbeiten von Prof. Boltzmann immer deutlicher hervortritt. Auf diese schwierigen Untersuchungen können wir hier jedoch nicht näher eintreten.

Dagegen müssen wir noch der Reform der physikalischen Mechanik gedenken, die Helmholtz einleitete durch die Entdeckung, dass aus der Voraussetzung des Prinzips der kleinsten Wirkung[1]) sich eine Reihe von wichtigen und zutreffenden Folgerungen in betreff der zwischen den Naturkräften bestehenden Wechselwirkungen ohne weiteres ergebe, so dass dieses Prinzip wahrscheinlich das allgemeinste Gesetz aller umkehrbaren Naturprozesse darstelle. Die Abhandlung von Helmholtz „Ueber die physikalische Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung“ bezeichnet nach Hertz zur Zeit den äussersten Fortschritt der Physik. In der That lehnen, wenn dieses Prinzip

[1]) Das Prinzip ist ursprünglich von Maupertuis aufgestellt und von Hamilton erweitert worden. Danach muss (vergl. Hertz: gesammelte Werke Bd. III, die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt, Einleitung pag. 19) als erfahrungsmässiges Grundgesetz der Mechanik der Satz aufgestellt werden: „Dass jedes System natürlichermassen sich so bewegt, als sei ihm die Aufgabe gestellt, gegebene Lagen in gegebener Zeit zu erreichen und zwar in solcher Weise, dass die Differenz zwischen der Energie der Bewegung und der Energie der Lage im Mittel über die ganze Zeit so klein ausfalle wie möglich.“

zum Ausgangspunkt gemacht wird, die Grundlagen der Mechanik sich unmittelbar an die in der Natur thatsächlich sich abspielenden Vorgänge an. Hertz hat den ersten Versuch gemacht, von diesem Gesichtspunkte aus die ganze Mechanik folgerichtig zu entwickeln.

Die Wirksamkeit von Helmholtz beschränkte sich auch in Berlin nicht allein auf die speciellen Forschungen, die Lehrthätigkeit im Hörsaal und im Laboratorium und auf den Impuls, den die Physikalische Gesellschaft durch ihn erfuhr. Stets war er bestrebt, Anregung auch in grösseren Kreisen zu geben und bei den Gebildeten, speciell den Studierenden, das Verständnis für die Zwecke und die Bedeutung der naturwissenschaftlichen Forschung, sowie für die allein zum Ziele führenden Wege zu erwecken und zu befestigen.

Von ganz allgemeinem Interesse sind die höchst lesenswerten Reden „Ueber das Denken in der Medizin“ und „Ueber die akademische Freiheit der deutschen Universitäten“ [1]), von denen die letztere bei uns mehr Beachtung verdiente, als ihr bis dahin zu teil geworden ist.

Weit über die Künstlerkreise hinaus wirkten ferner die Vorträge „Optisches über Malerei“, in denen er vom Standpunkte des Physikers und Physiologen sich über die Wirkung der Perspektive, der Helligkeitsstufen und der Abtönung der Farben ausspricht. Selbst in den Vorträgen „Ueber Eis und Gletscher“, „Wirbelstürme und Gewitter“, in denen Helmholtz hauptsächlich die Ergebnisse der Forschungen Anderer wiedergiebt, finden sich neue Gesichtspunkte, ohne dass Helmholtz auch nur andeutet, dass diese lediglich dem eigenen Nachdenken entstammen. Er fand die Lösungen einfacherer Probleme beiläufig und ohne jede Anstrengung, so dass er hierauf selbst gar kein Gewicht legte.

Ueberblicken wir auch nur die Ergebnisse der hier besprochenen, rein wissenschaftlichen Arbeiten, obschon dieselben nur einen Bruchteil der gesamten Forscherthätigkeit von Helmholtz darstellen, so müssen wir uns unwillkürlich fragen: Wie war es überhaupt möglich, dass eine noch so genial angelegte Natur so Verschiedenartiges in so vollendeter Form zu leisten vermochte?

Darüber hat uns Helmholtz sowohl an der Jubelfeier in Heidelberg, als in der Rede an der Feier seines 70. Geburtstages selbst Aufschluss gegeben[2]).

---

[1]) Vorträge und Reden Bd. I und II.

[2]) Vergleiche Festschrift pag. 54 und 55.

„Da ich aber ziemlich oft in die unbehagliche Lage kam, auf günstige Einfälle harren zu müssen, habe ich darüber, wann und wo sie mir kamen, einige Erfahrungen gewonnen, die vielleicht anderen noch nützlich werden können. Sie schleichen oft genug still in den Gedankenkreis ein, ohne dass man gleich von Anfang ihre Bedeutung erkennt; dann hilft später nur zuweilen noch ein zufälliger Umstand erkennen, wann und unter welchen Umständen sie gekommen sind; sonst sind sie da, ohne dass man weiss woher. In anderen Fällen aber treten sie plötzlich ein, ohne Anstrengung, wie eine Inspiration. Soweit meine Erfahrung geht, kamen sie nie dem ermüdeten Gehirne und nicht am Schreibtisch. Ich musste immer erst mein Problem nach allen Seiten so viel hin- und hergewendet haben, dass ich alle seine Wendungen und Verwickelungen im Kopfe überschaute und sie frei, ohne zu schreiben, durchlaufen konnte. Es dahin zu bringen, ist ja ohne längere vorausgehende Arbeit meistens nicht möglich. Dann musste, nachdem die davon herrührende Ermüdung vorübergegangen war, eine Stunde vollkommener körperlicher Frische und ruhigen Wohlgefühls eintreten, ehe die guten Einfälle kamen. Oft waren sie wirklich, den citierten Versen Göthes[1]) entsprechend, des Morgens beim Aufwachen da, wie auch Gauss angemerkt hat. Besonders gern aber kamen sie, wie ich schon in Heidelberg berichtet, bei gemächlichem Steigen über waldige Berge in sonnigem Wetter. Die kleinsten Mengen alkoholischen Getränks aber schienen sie zu verscheuchen".

„Solche Momente fruchtbarer Gedankenfülle waren freilich sehr erfreulich, weniger schön war die Kehrseite, wenn die erlösenden Einfälle nicht kamen. Dann konnte ich mich wochenlang, monatelang in eine solche Frage verbeissen, bis mir zu Mute war wie

Dem Tier auf dürrer Heide,
Von einem bösen Geist im Kreis herumgeführt,
Und rings umher ist schöne grüne Weide.

Schliesslich war es oft nur ein grimmer Anfall von Kopfschmerzen, der mich aus meinem Bann erlöste, und mich wieder frei für andere Interessen machte."

Die Schwierigkeiten der Ausführung überwand Helmholtz leicht, die schriftliche Formulierung der abgeschlossenen Arbeit machte ihm verhältnis-

---

[1]) Was vom Menschen nicht gewusst
Oder nicht bedacht
Durch das Labyrinth der Brust
Wandelt in der Nacht.

mässig mehr Mühe infolge der peinlichen Gewissenhaftigkeit, mit der er dabei verfuhr. Er selbst sprach sich darüber aus: „Ich habe viele Teile meiner Abhandlungen vier bis sechs Mal umgeschrieben, die Anordnung des Ganzen hin- und hergeworfen, ehe ich einigermassen zufrieden war. Aber in einer solchen sorgfältigen Abfassung der Arbeit liegt auch ein grosser Gewinn für den Autor. Sie zwingt ihn zur schärfsten Prüfung jedes einzelnen Satzes und Schlusses, und zwar noch eingehender als die vorher erwähnten Vorträge an der Universität. Ich habe nie eine Untersuchung für fertig gehalten, ehe sie vollständig und ohne logische Lücken schriftlich formuliert vor mir stand.“

Welche Motive Helmholtz bei seinen stetigen und unablässigen Forschungen leiteten, und wie er das Verhältnis zu seinen Schülern auffasste, hat er ebenfalls selbst mitgeteilt [1]).

„Ich will nicht sagen, dass in der ersten Hälfte meines Lebens, wo ich noch für meine äussere Stellung zu arbeiten hatte, neben der Wissbegier und dem Pflichtgefühl als Beamter des Staates nicht schon höhere ethische Beweggründe mitgewirkt hätten, jedenfalls war es schwerer, ihres wirklichen Bestehens sicher zu werden, so lange noch egoistische Motive zur Arbeit trieben. Es wird ja wohl den meisten Forschern ebenso gehen. Aber später, bei gesicherter Stellung, wo diejenigen, welche keinen inneren Drang zur Wissenschaft haben, ganz aufhören können zu arbeiten, tritt für die, welche weiter arbeiten, doch eine höhere Auffassung ihres Verhältnisses zur Menschheit in den Vordergrund. Sie gewinnen allmählich aus eigener Erfahrung eine Anschauung davon, wie die Gedanken, die von ihnen ausgegangen sind, sei es durch die Litteratur oder durch die mündliche Belehrung ihrer Schüler, in ihren Zeitgenossen fortwirken und gleichsam ein unabhängiges Leben weiter führen, wie diese Gedanken durch ihre Schüler weiter durchgearbeitet, reicheren Inhalt und festere Form erhalten und ihnen selbst wieder neue Belehrung zuführen . . .“

„Gleichzeitig aber tritt ihm auch die ganze Gedankenwelt der civilisierten Menschheit als ein fortlebendes und sich weiter entwickelndes Ganzes 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. Theoretisch begreifen kann das vielleicht jeder, aber diesen

[1]) Festschrift p. 57.

Begriff bis zu einem drängenden Gefühl zu entwickeln, mag eigene Erfahrung nötig sein."

„Die Welt, welche an ideale Motive nicht gern glaubt, nennt dies Gefühl Ruhmsucht. Es giebt aber ein entscheidendes Kennzeichen, um beide Arten der Gesinnung zu unterscheiden. Stelle die Frage, ob es Dir einerlei ist, ob von Dir gewonnene Forschungsresultate als Dir gehörig anerkannt werden oder nicht? wenn sich mit der Beantwortung dieser Frage keine Rücksichten auf äusseren Vorteil mehr verbinden . . ."

Helmholtz konnte diese Frage ruhig mit Ja beantworten, und an Gelegenheiten es zu beweisen, hat es ihm wahrlich nicht gefehlt.

Als er im Jahre 1888 von der Leitung des Physikalischen Institutes zurücktrat, um diejenige der Reichsanstalt zu übernehmen und daselbst die Ausführung von fundamentalen wissenschaftlichen und technischen Arbeiten, sowie die Verwertung der letzteren zur Förderung der Technik zu überwachen, setzte er dennoch auf den einstimmigen Wunsch der Fakultät die theoretischen Vorlesungen an der Universität fort, bis zu seinem Lebensende bemüht, Keime auszustreuen, deren Entwickelung zu erleben er kaum hoffen durfte.

Sehr schön gab er diesem Gedanken Ausdruck, als er seinen Schülern zurief: „Sie sind eigentlich mein Stolz, die beste Saat, die ich ins Leben gerufen habe, und ich hoffe auf Sie, dass meine Gedanken in Ihnen fortwachsen und weiter leben werden".

Gross war daher sein Schmerz, als er im August 1889 seinen Sohn Robert verlor, der trotz seiner Jugend und Kränklichkeit durch hervorragende Arbeiten sich bereits einen Namen als Physiker erworben und unzweifelhafte Beweise vererbter Anlagen gegeben hatte. Er starb kurze Zeit nachdem ihm noch die Freude zu teil geworden war, von dem Vereine zur Beförderung des Gewerbefleisses eine goldene Medaille für seine fundamentale Arbeit „Die Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase"[1]) zu empfangen. Helmholtz, der mit inniger Liebe an den Seinen hing, hat diesen Verlust zeitlebens doppelt empfunden.

Den neuen Aufgaben, welche Helmholtz als Präsidenten der physikalisch-technischen Reichsanstalt erwuchsen, widmete er sich mit voller Hingebung. Seiner unermüdlichen und segensreichen Thätigkeit verdankt die Reichs-

---

[1]) Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses Heft VI, VII und VIII Berlin. 1889.

anstalt[1]) ihr Ansehen und den durchschlagenden Erfolg in erster Linie. Wohl in keinem Institut ist jemals mit solcher Freudigkeit und Emsigkeit gearbeitet worden wie da, wo die Arbeit Aller unter einem einheitlichen Gedanken stand und jeder bemüht war, das seinige zum Gelingen des Ganzen beizutragen. Ein freundlicher Blick, ein Händedruck des nicht nur wegen seiner hohen Geistesgaben verehrten, sondern ebenso seiner wohlwollenden Gesinnung wegen innig geliebten Meisters wurde neben der inneren Befriedigung als der höchste Lohn empfunden, um so mehr, als man sich über die Kleinheit der eigenen Leistung keinen Illusionen hingab.

Infolge der Vielseitigkeit und Tiefe seines Wissens, seines edlen Charakters und seiner Bescheidenheit erfreute sich Helmholtz der grössten Verehrung in allen Kreisen mit denen er in Berührung kam. Kaiser Wilhelm I., dessen hohe Begabung für die Beurteilung hervorragender Männer sich keineswegs lediglich auf die Gebiete der Politik und Kriegswissenschaften beschränkte, hat oftmals abends Helmholtz in kleinem Kreise empfangen, um sich von ihm über die Ergebnisse der exakten Naturforschung belehren zu lassen. Auch am Hofe des für Wissenschaft und Kunst so begeisterten Kronprinzen und nachmaligen Kaiser Friedrich waren Helmholtz und seine hochgebildete Gemahlin gerne gesehene Gäste[2]).

Aber nicht nur in Deutschland, auch im Auslande, speciell in England und Frankreich wurde Helmholtz hoch geehrt. Dies trat besonders bei der Jubelfeier der Universität Montpellier im Jahre 1890 hervor, an welcher Helmholtz als Vertreter der Berliner Universität Teil nahm. Mit Enthusiasmus aufgenommen, bildete er oftmals geradezu den Mittelpunkt jenes schönen Festes.

Auch die Feier, welche zu Ehren von Helmholtz anlässlich der Vollendung seines 70. Lebensjahres von ihm nahe stehenden Freunden und Forschern ersten Ranges eingeleitet wurde, gestaltete sich zu einer internationalen Huldigung, wie sie wohl noch niemals einem Forscher und Lehrer zu Teil geworden.

---

[1]) Ueber die Entstehung, die Ziele und die Arbeiten dieses Institutes vergl. den Vortrag von Prof. Lummer in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses, Mai 1894, sowie ferner Schweizerische Bauzeitung, Bd. XVIII pag. 1; Bd. XXIV pag. 110 u. f.

[2]) Wohl auf Vorschlag des Kronprinzen verlieh Kaiser Wilhelm I. Helmholtz den Erbadel.

Kaiser Wilhelm II. ehrte Helmholtz durch ein huldvolles, seine Anerkennung aussprechendes Handschreiben und erhob ihn unter Verleihung einer hohen Auszeichnung in die oberste Rangstufe seiner Beamten.

Die Könige von Italien und Schweden, der Grossherzog von Baden, sowie der Präsident der französischen Republik übersandten ihm Grosskreuze. Die Stadt Potsdam verlieh ihm das Ehrenbürgerrecht. Eine grosse Zahl von Vertretern von Behörden und Beamten, Akademien, gelehrten Gesellschaften, Universitäten und Fakultäten, sowie von wissenschaftlichen Vereinen überbrachten Gratulationen und Ehrendiplome.

Indem wir in betreff der Ansprachen und Erwiderungen von Helmholtz auf die Festschrift verweisen, beschränken wir uns hier auf den die Uebergabe der Helmholtz-Medaille betreffenden Teil.

Durch eine äusserst geistreiche Ansprache feierte sein langjähriger Freund und Kollege E. du Bois-Reymond im Namen des Komites der Helmholtzstiftung die Verdienste des Jubilars in den verschiedensten Zweigen des menschlichen Wissens und Erkennens. Alsdann überreichte er ihm das erste Exemplar der von 1700 Verehrern gestifteten goldenen Medaille, welche, mit dem Bildnisse von Helmholtz geziert, in angemessenen Zeiträumen auf seinen Antrag ausgezeichneten Gelehrten und Forschern in einem seiner zahlreichen Arbeitsgebiete verliehen werden solle. Ueberdies übergab er ihm eine von Hildebrands Meisterhand ausgeführte Marmorbüste sowie eine vortreffliche Radierung von Jacobi.

Die kurze Rede mit welcher Helmholtz die Stiftung verdankte, ist so bezeichnend für die Lebensauffassung des edlen Forschers, dass wir dieselbe in ihrem wesentlichen Inhalte hier unverkürzt wiedergeben:

„Es ist die höchste Ehre, welche mir von Männern der Wissenschaft erwiesen werden konnte, indem sie meinen Namen an ein dauerndes Erinnerungszeichen heften wollen, das der Förderung der Wissenschaft noch in fernen künftigen Zeiten dienen soll. Die Wissenschaft ist ja eigentlich bei der modernen Menschheit das einzig einigende Band geworden, welches unbedingt Frieden predigt. Wir, jeder von uns, der für die Wissenschaft arbeitet, arbeitet nicht für sein eigenes Wohl; er arbeitet zunächst für das Wohl seines Volkes, er arbeitet für das Wohl der ganzen Menschheit, soweit die Menschen im stande sind und die Vorbildung haben, um von den Früchten der Wissenschaft Vorteil zu ziehen. Sie wollen meinen Namen einem solchen Werke voransetzen und ihn dadurch für ewig hinstellen als ein Vorbild für

die Forscher künftiger Generationen. Ich schwanke dabei zwischen Freude und dem Gefühle schwerer Verantwortlichkeit. Zunächst fühle ich eine stolze Freude darüber, dass meine Gedankenarbeit fortleben soll und fortwirken soll in künftigen Generationen über mein individuelles Leben hinaus, und Sie werden es ja wohl begreifen, dass, sowie ein leiblicher Vater zunächst für das Wohl seiner leiblichen Söhne am meisten sorgt und sie zu fördern bestrebt ist, ich gleichsam auch für meine Gedankenkinder eine Vorliebe habe; denn sie enthalten ja das, was ich nach bester Ueberzeugung und nach langer Arbeit als das Wahrste und das Zuverlässigste erkannt habe, und Sie begreifen also, dass ich als der lebende Mensch nur meinen eigenen Ueberzeugungen folgen kann und auf sie das Hauptgewicht lege und mich darüber freue, wenn gerade in ihrer Richtung die Fortentwickelung der Wissenschaft gefördert werden soll."

„Dann wieder kommt mir freilich der Zweifel, ob nicht meine eigenen Ideale zu eng und meine eigenen Prinzipien an einzelnen Stellen nicht vollständig genug sind, um für alle Zukunft den Bedürfnissen der Menschheit zu genügen. Ich hoffe, dass künftige Preisrichter dieser Medaille, wenn sie begreifen, dass dergleichen der Fall ist, sich nicht an die Einzelheiten in meinem Streben halten werden. Nur die eine Fahne möchte ich hoch halten, dass der Zweck der Wissenschaft ist, die Wirklichkeit zu begreifen und das Vergängliche aufzufassen als die Erscheinungsform des Unvergänglichen, des Gesetzes."

Dieser idealen Auffassung, der genialen Beanlagung und der gewissenhaften, unermüdlichen Thätigkeit verdanken wir die von Helmholtz ausgegangene mächtige Förderung unseres Wissens und unseres Erkennens.

Trotz der geistigen Frische und des körperlichen Wohlbefindens, deren sich Helmholtz an seinem 70. Geburtstage noch erfreute, sollte es ihm leider nicht vergönnt sein, noch eine Reihe von Jahren der Wissenschaft zu leben und die Herausgabe seiner Vorlesungen selbst zu überwachen. Dagegen wurde ihm im Jahre 1893 noch die grosse Freude zu teil, an der Weltausstellung in Chicago den immensen Fortschritt der Präcisionstechnik Deutschlands und damit die Fruchtbarkeit der Arbeiten der Reichsanstalt klar hervortreten zu sehen.

Reich an Anregungen und Eindrücken, erfrischt und die Seele erfüllt von den Bildern der wildromantischen nordamerikanischen Natur trat er die

Rückreise an. Kurz vor der Ankunft in Hamburg erlitt er leider einen Schwindelanfall und stürzte die Schiffstreppe hinunter. Die Folgen der heftigen Gehirnerschütterung und des grossen Blutverlustes vermochte er nicht mehr zu überwinden. Zwar erholte er sich allmählich soweit, dass er seine Geschäfte wieder übernehmen konnte, wozu ihn die Lust zur Thätigkeit und die Freude am Gedeihen der Reichsanstalt trieb, obschon eine stetig wachsende Müdigkeit ihm das Arbeiten ausserordentlich erschwerte. Im Juli 1894 traf ihn ein Schlaganfall, der ihm die eine Seite lähmte und grosse Schmerzen verursachte. Ein zweimonatliches Krankenlager ertrug er mit wunderbarer Geduld, seinem Ende mit stets gleicher Ruhe entgegensehend.

Noch einmal schien es, als wenn Helmholtz' kräftige Natur den Sieg davontragen würde. Die Lähmung war zum Teil gewichen und eine leise Hoffnung erfüllte seine nächste Umgebung, als er an seinem 73. Geburtstage sich noch herzlich an den munteren, reichbegabten Enkelkindern erfreute. Es war dies jedoch der letzte Sonnenblick in seinem an Mühe und Arbeit, Liebe und Treue, Erfolgen und edelsten Freuden so reichen, harmonischen und ausserordentlich fruchtbaren Leben. —

„Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwickelung eines Menschengeistes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte. Es war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene“ . . . . . .

„Sein Andenken wird aber nicht nur durch seine Arbeiten fortleben, auch seine liebenswürdigen Charaktereigenschaften, seine sich immer gleichbleibende Bescheidenheit, die freudige Anerkennung fremden Verdienstes, die treue Dankbarkeit, die er seinen Lehrern bewahrte, wird allen, die ihn kannten, unvergesslich sein. Ihm selbst war es nur um die Wahrheit zu thun, die er mit äusserstem Ernst und mit aller Anstrengung verfolgte; nie machte sich die geringste Spur von Ruhmsucht oder persönlichem Interesse bei ihm geltend. Auch da, wo er einiges Recht gehabt hätte, Entdeckungen für sich in Anspruch zu nehmen, war er eher geneigt, stillschweigend zurückzutreten.“

Als Helmholtz sich bemühte, mit den vorstehenden Worten den allzufrüh verstorbenen Hertz in seinem innersten Wesen zu schildern, erblickte

er im Grunde nur sein eigenes Bild, so sehr glich auch im Charakter der selbständig gewordene Forscher dem Lehrer.

Der 8. September 1894 setzte der schöpferischen Thätigkeit des grössten Naturforschers unseres Jahrhunderts eine Grenze, nicht aber der ewig andauernden Wirksamkeit seiner Ideen und Errungenschaften, auch nicht der Liebe, Verehrung und Dankbarkeit aller, denen das Glück seines persönlichen Verkehrs zu teil wurde und die in ihm stets einen der edelsten Menschen betrauern werden.