

Hermann von Helmholtz.

Rede zur Feier seines 70. Geburtstages.

Gehalten von E. Wiedemann.

In H. v. Helmholtz sehen wir einen der Geisterheroen vor uns, wie dieselben nur sehr, sehr selten auftreten; ihr Erscheinen bezeichnet den Abschluss einer Periode in der Entwicklung der Wissenschaften und den Beginn einer neuen. Nicht eine Wissenschaft rechnet ihn zu den ihrigen, sondern fast alle Naturwissenschaften verdanken ihm Förderung. Auf den mannigfachsten Gebieten hat Helmholtz Grosses geleistet, Arbeiten geschaffen, deren jede einzelne genügt hätte einen Forscher unter die ersten seiner Fachgenossen zu erheben. Helmholtz ist Physiolog und Physiker, Mathematiker und Philosoph, Zoolog und Anatom; und wo er eingreift, entsteht bedeutendes.

Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz wurde am 31. August 1821 zu Potsdam geboren, wo sein Vater Gymnasiallehrer war. Er war ein schwächliches Kind, das viel zu Hause bleiben musste und dort auf sein Spiel angewiesen war, dabei beschäftigte er sich vor allem gerne mit einem Baukasten. Angeregt durch diesen interessierte er sich besonders für Geometrie, dann für Mathematik im Allgemeinen und für die Naturwissenschaften. Alles was nicht in einen logischen Zusammenhang gebracht werden konnte, vermochte er nur schwer seinem Gedächtnisse einzuprägen, so z. Bsp. grammatische Regeln; dagegen lernte er leicht Homer, Horaz auswendig. Einen sehr wichtigen Einfluss, wenn auch zunächst in negativer Richtung übten Spaziergänge aus, welche er mit seinem Vater, der von den Freiheitskriegen her Fichtianer, und einem Freunde desselben, der Hegelianer war, unternahm. Deren Dispute, die nie zu einem Abschluss gelangten, verleiteten ihm metaphysische Betrachtungen und drängten ihn dazu stets an die Realität anzuknüpfen; wir werden später noch oft hiervon Spuren entdecken.

Er studierte 1838 in Berlin Medizin und zwar am Friedrich-Wilhelm-Institut, einer Anstalt zur Ausbildung von Militärärzten. Aus den Ersparnissen, die er während einer Erkrankung am Typhus machte, während dessen er als Zögling der Anstalt unentgeltlich verpflegt wurde, vermochte er sich ein Mikroskop anzuschaffen, ein damals noch wertvoller Schatz. Es leistete ihm bei der Untersuchung der Ganglien bei Invertebraten, mit der er promovierte und zu der er von seinem grossen Lehrer Johannes Müller angeregt worden war, sowie bei seinen späteren Forschungen über Fäulniss vorzügliche Dienste. In letzteren wies er zunächst im Gegensatz zu Liebig nach, dass Sauerstoff allein keine Fäulniss hervorbringen kann, weitere Versuche liessen ihm indess dies Resultat als zweifelhaft erscheinen. Im Jahre 1842 wurde er dann Assistenzarzt an der Charité, 1843 Militärarzt in Potsdam, wo er unter dem Mangel an literarischen Hülfsmitteln sehr zu leiden hatte, 1848 Lehrer der Anatomie an der Kunstakademie in Berlin als Nachfolger des ihm in vieler Hinsicht geistesverwandten Brücke. Zugleich entwickelten sich nahe Beziehungen zu Du Bois Reymond, der bei Johannes Müller arbeitete. Du Bois beschäftigte sich damals mit den elektrischen Erscheinungen der Nerven; dadurch wurde Helmholtz zu den weittragenden Arbeiten über die Fortpflanzung der Reizung in den Nerven geführt, Arbeiten, an die schon Du Bois gedacht, die er aber nicht zu unternehmen gewagt hatte. 1849 wurde er als Professor der Physiologie und pathologischen Anatomie nach Königsberg berufen, 1855 als Professor der Anatomie und Physiologie nach Bonn. Es ist dies die Zeit, wo die Physiologie unter dem Einfluss eines E. H. Weber, Ludwig, Brücke, Helmholtz mehr und mehr sich zu einer selbständigen Wissenschaft entwickelte. Sie löst sich von der Anatomie, mit der sie bis dahin auf das engste verbunden war, los und sucht zu Physik und Chemie Fühlung, aus deren Gesetzen sie die Vorgänge der Erscheinungen am lebenden Körper zu erklären suchte. 1858 wurde ein Lehrstuhl für Physiologie in Heidelberg gegründet; einem Ruf dorthin leistet Helmholtz Folge und arbeitet zunächst in dem alten „Ritter“, in demselben Haus, in dem eine Treppe höher Kirchhoff und Bunsen ihre Arbeiten über Spectralanalyse ausführten. Später bezog er mit Kirchhoff ein neues Institut. Als Magnus in Berlin starb, konnte es sich bei der Frage nach seinem Nachfolger allein

um Helmholtz handeln, der im Jahre 1871 dorthin übersiedelte. Wenige Jahre später folgte ihm Kirchhoff. Als dann 1887 W. Siemens durch die Schenkung einer sehr grossen Summe die Gründung einer Technischen Reichsanstalt ermöglichte, übernahm Helmholtz die Direktion derselben, und leitete dieselbe in grösster geistiger Frische bis zum heutigen Tage; jede der dort ihm entgegentretenden technischen Fragen löst er mit der ihm eignen Klarheit und Uebersicht.

Reiche äussere Ehren sind Helmholtz zu Teil geworden. 1883 wurde er geadelt, wol auf Antrag des damaligen Kronprinzen von Preussen, zu dessen Kreise Helmholtz als ein oft und gerne gesehener Gast gehörte, und zu seinem 70ten Geburtstage ist ihm der Titel Excellenz verliehen worden.

Helmholtz war zweimal verheiratet, das eine Mal mit der Tochter eines hannoverschen Artillerieoffizieres Penne, einem direkten Nachkommen des Penne, von dem Pennsylvanien seinen Namen hat, das zweite Mal mit der Tochter des bekannten Staatsmannes von Mohl. Das Helmholtz'sche Haus ist einer der Sammelpunkte des Berliner geistigen Lebens, wo die verschiedensten Interessensphären sich berühren. Von seinen Kindern ist die älteste Tochter gestorben, die zweite mit einem Sohne von Werner von Siemens verheiratet, in ihnen vereinen sich die Familien der grössten Forscher auf technischem und auf wissenschaftlichem Gebiete. Der älteste Sohn ist ein ganz hervorragender Ingenieur, und wie sein Vater schon als Kind die Anregung zu seinen Arbeiten empfing, so kannte der Sohn schon als Knabe in Heidelberg alle Lokomotiven in ihren Eigentümlichkeiten. Helmholtz zweiter Sohn Robert ist leider nur zu früh den Seinen und der Wissenschaft entrissen worden. Eine Reihe ausgezeichneter Arbeiten haben seine hohe Begabung erkennen lassen, Arbeiten, die vielfach den Stempel vererbter Anlagen tragen, trotzdem Helmholtz selbst die Arbeiten seines Sohnes in keiner Weise beeinflusst hat; er bekam sie gewöhnlich erst nach ihrer Vollendung zu sehen.

Helmholtz' Persönlichkeit ist eine ausnehmend eindrucksvolle; jeder der ihm hat näher treten dürfen, wird dies voll empfunden haben; besonders auffallend ist die ungemeine Ruhe, die ihn auszeichnet und die in der grossen Klarheit des Denkens und Empfindens wurzelt.

Der Lebensgang von Helmholtz, wie ich ihn Ihnen kurz geschildert habe, der so reich bewegt und so vielseitig gestaltet war, konnte natürlich nur für einen so all umfassenden Geist möglich sein, musste aber auch umgekehrt für ihn von grosser Bedeutung werden. Schon dass ihn die äusseren Verhältnisse veranlassten, zunächst Medizin zu studieren, zwang ihn, sich auf allen Gebieten der Naturwissenschaft zu orientieren; er selbst hat öffentlich und im Gespräch die Bedeutung dieses Bildungsganges hervorgehoben und z. B. geraten, dass auch Physiker wenigstens das Tentamen physikum absolvieren sollten. Spuren seiner Thätigkeit an der Kunstakademie finden wir in den vielen Untersuchungen, welche die Grenzgebiete zwischen Aesthetik und Naturwissenschaft behandeln.

Als Helmholtz in den vierziger Jahren nach Berlin kam, herrschte dort ein ungemein reges physikalisches Leben. Grosse Gebiete der Physik hatten feste Gestalt angenommen, die Meckanik, gewisse Gebiete der Elektrizitätslehre. Da hatte Magnus ein physikalisches Laboratorium aus eigenen Mitteln gegründet, freilich nicht in unserem Sinne, sondern ein Forschungslaboratorium, in dem junge Gelehrte unter seiner, meist nur wenig nachhelfenden Leitung experimentierten. Diese jungen strebenden Geister schlossen sich zu der physikalischen Gesellschaft zusammen. Zu ihr gehörten um das Jahr 1850 Helmholtz, Clausius, Kirchhoff, Du Bois, Karsten, Knoblauch, Beetz, mein Vater u. a., d. h. also diejenigen, welche neben den Schülern von Neumann in Königsberg und den sehr wenigen von W. Weber in Göttingen lange Zeit die Physik an unseren Hochschulen vertreten haben. Die Fülle der Anregungen, die in diesem Zusammenleben der Einzelne empfing, ist an keinem derselben spurlos vorübergegangen. Dies spricht sich in der Universalität der Durchbildung und dem Umfang des Wissens und Könnens aus, die jene Gelehrten auszeichnet. Sie waren es ja auch, die zusammen grosse Gebiete der Physik eroberten und unter denen die deutsche experimentelle Physik einer der ausländischen vollkommen ebenbürtige Stellung einnahm. Das war auch der Kreis, in dem Helmholtz's Prinzip von der Erhaltung der Energie jubelnde Zustimmung fand.

Bei allen seinen Forschungen knüpft Helmholtz an die That-
sachen an und zieht aus ihnen die Konsequenzen; er geht nicht
von allgemeinen Hypothesen aus, um aus ihnen die Einzelersei-
nung zu deduzieren. So ist es beim Prinzip von der Erhaltung
der Energie, das eine direkte Folge der Ergebnisse der bisherigen
Forschungen der Physiker war, und das ihm als etwas selbstver-
ständliches erschien. Aber wie steigt Helmholtz von den That-
sachen auf; mit gewaltigen Sprüngen erreicht er Höhen, von
denen aus ihm Gebiete, weit abliegend von dem Ausgangspunkte,
erschlossen sind. Vielseitigkeit und Höhe der Auffassung, Tiefe
und vor allem die Ausdauer des Denkens zeichnen ihn aus. Wie
speziell mag die Frage nach der Aenderung der elektromotori-
schen Kraft eines galvanischen Elementes mit der Temperatur
erscheinen, ein Thema für eine Doktordissertation; Helmholtz
wird sie ein Ausgangspunkt für die Trennung der gesammten
Energie in freie und gebundene.

In dieser Anlage Helmholtz', stets an das thatsächliche an-
zuknüpfen, liegt auch der Grund, warum er keine Hypothesen
über die Natur der Atome, des Magnetismus und der Elektrizität
aufgestellt hat, nicht als ob er diese Hypothesen verachtete und
nicht benutzte, im Gegenteil, wo es irgend zweckmässig erscheint,
erweitert und vertieft er sie; darin gleicht er weit mehr Clausius
und Maxwell als Kirchhoff.

Ruhen doch gerade eine Anzahl von Helmholtz' neueren
Arbeiten auf den Faraday-Maxwell'schen Anschauungen von dem
Wesen des Lichtes und der Elektrizität und den von Clausius
und Krönig entwickelten Anschauungen über das Wesen der Gase.
In seinen theoretischen Untersuchungen benutzt Helmholtz die
schwierigsten Hilfsmittel der Mathematik, aber stets ist ihm das
Reale die Hauptsache, das Formale die Nebensache.

Helmholtz' Arbeit spinnst sich wenig am Schreibtische ab;
seine Arbeitszeit ist kurz, seine Ruhezeit sehr lang. Nach dem
Abendessen arbeitet er nie, da liest er Reiseerzählungen und ähn-
liches. Morgens früh kommen ihm die besten Gedanken, auf
Spaziergängen spinnst er sie weiter aus; für seine Begleitung ist
er dann ein wenig unterhaltender Gesellschafter; steigt er in den
Bergen umher, so muss er sich besonders schwierige Wege aus-
ersehen die ganz seine Aufmerksamkeit fesseln, um nicht zu simu-
lieren. Sonst muss er bei jeder Gelegenheit arbeiten und denken.

Jeder Eindruck, jede Beobachtung löst ihm Gedankenreihen aus, und überall sucht er auch Beobachtungen zu sammeln, um daran Schlüsse anzuknüpfen. An der Riviera lässt er sich am Cap von Antibes nieder und studiert die Wellenzüge. Der Wind, der sich längs der Wasseroberfläche hinbewegt, überträgt auf diese einen Teil der Energie und es entstehen stehende Wellen; ebenso aber auch zwischen zwei Schichten in der Luft von verschiedener Geschwindigkeit, und sein Auge, das am bewölkten Himmel entlang gleitet, sieht in den Schäfchen, die reihenweise nebeneinander geordnet sind, die Zeichen solcher Wellen. Damit ist der Meteorologie ein neuer Gesichtspunkt eröffnet, der von grosser Bedeutung geworden ist. Hört er Musik, so folgt er auf der einen Seite den Tonreihen des grossen Musikers, zugleich löst aber sein in seltenem Grade geschultes Ohr dieselben in ihre Einzelglieder auf. In Gemäldegalerien studiert er sorgfältiger als andere die Bilder und während diese sich in Begeisterung für dieselben hypnotisieren, empfindet er voll und ganz ihre Schönheit, zugleich sucht und findet er die Gründe für dieselbe.

Helmholtz hat aber nicht allein selbständig Grosses geschaffen, sondern auch die Arbeiten Anderer auf das emsigste durchstudiert und einheitlich verarbeitet; den Fortschritten der Wissenschaft folgt er stets mit grösster Aufmerksamkeit. Durch seine Art des Lesens wird ihm das sehr erleichtert, er liest den Anfang und das Ende, stimmt es zusammen, so ist er zufrieden, stimmt es nicht, so sucht er den Fehler; es erinnert das an eine gute Regel von Kirchhoff, die er mir einmal gab, „verstehe ich eine Abhandlung nicht, so lese ich den Anfang und das Ende und mache mir die Zwischenglieder selber.“

Der direkte Einfluss des Vortrages von Helmholtz auf die grosse Zahl der Studierenden ist ein beschränkter gewesen: sein Vortrag ist für sie zu hoch; er sieht die Schwierigkeiten nicht, die ihnen ein Problem fast unlösbar erscheinen lassen, weil er sie spielend überwindet. Für Fortgeschrittenere waren aber stets seine Vorlesungen von grosser Anregung. Da, wo er sich Zeit gelassen hat, und lassen konnte, Vorträge oder Werke vollkommen auszuarbeiten, da entstehen Meisterwerke der Darstellung und des Stiles, Werke in denen Form und Inhalt einander vollkommen entsprechen, so in seinen öffentlichen Vorlesungen, in seinen Tonempfindungen, in seiner physiologischen Optik.

Alle unsere Naturforscher sind mehr oder weniger seine Schüler, alle bauen auf einer Basis weiter, die er gelegt, und helfen das Haus eindecken, dessen Säulen er hoch hinaufgeführt, aber keiner mit Ausnahme von Hertz auf elektrischem Gebiete kann sagen, dass er im gewöhnlichen Sinne des Wortes sein Schüler gewesen. Selbstverständlich sind unter seiner Leitung viele Arbeiten gemacht, aber der späteren Entwicklung wol nur sehr weniger Forscher hat er seinen Stempel aufgedrückt, wie dies bei Neumann in Königsberg in so hohem Masse der Fall war; er hat nie ein Seminar geleitet: seine und der anderen Art zu denken sind eben inkommensurabel. Das macht sich auch bei vielen der Arbeiten geltend; oft schreitet die Entwicklung sprungweise fort, Helmholtz war sich der fehlenden Zwischenglieder gar nicht bewusst. In einem Satze spricht er Ausgangspunkt und Resultat langer Denkreihen aus und überlässt es den Lesern die Zwischenglieder einzufügen. Dass aus Maxwell's elektromagnetischer Lichttheorie die Gesetze der Brechung und Reflexion des Lichtes in jeder Hinsicht folgen, sieht er intuitiv und Lorentz beweist in einer umfangreichen Schrift, dass Helmholtz' Schlüsse richtig sind.

Helmholtz' geistige Arbeit ist in einer Reihe von Abhandlungen, seinen Werken über die Lehre von den Tonempfindungen und seiner physiologischen Optik und nicht zum wenigsten in seinen populären Vorträgen niedergelegt. Gestatten Sie mir, Ihnen einiges daraus mitzuteilen.

Die bedeutendste und weitgreifendste Arbeit von Helmholtz trägt den Titel „Ueber die Erhaltung der Kraft“; sie erschien 1847. Wir würden jetzt sagen, „über die Erhaltung der Energie, und des Arbeitvorrates“, denn das ist was Helmholtz unter Kraft versteht. Das Ergebnis der Abhandlung fasst sich zusammen in dem Satze: Die Energie des Weltalls ist eine Konstante, oder mit anderen Worten, wenn Energie einer Form verschwindet, so entsteht eine genau gleiche Menge Energie einer anderen Form. Schon früher war dieser Satz für die Wechselbeziehungen zwischen Wärme und Arbeit ausgesprochen und zwar von Joule und Colding und wie wir jetzt aus den nachgelassenen Papieren von Sadi Carnot wissen, hatte auch er, der ursprünglich ein Anhänger der Materialität der Wärme war, sich später zu der Ansicht bekannt, dass die Wärme eine Form der Bewegung sei, und das mechanische Wärmeäquivalent berechnet. In allgemeiner Weise war er von

R. Mayer ausgesprochen worden. Den Satz für die Aequivalenz von lebendiger Kraft und Arbeit in der Mechanik. von Wärme und Arbeit in der Wärmelehre hat nun Helmholtz unter ein ganz allgemeines Prinzip als Spezialfälle untergeordnet und an der Hand der Thatsachen gezeigt, dass, mag die Energie in mechanischen, thermischen, elektrischen, magnetischen, optischen Phänomenen ihren Grund haben, sie nur in aequivalenter Menge umgewandelt werden kann. Später ist Helmholtz wohl vorgeworfen worden, er habe den Verdiensten anderer, vor allem Robert Mayers nicht genügend Rechnung getragen; er kannte aber die Arbeit des Heilbronner Arztes nicht, sie war in Liebigs Annalen veröffentlicht, einem Journal, in dem man solche Arbeiten nicht suchte, Jahresberichte u. dergl. gab es zur damaligen Zeit nicht, aber selbst wenn Helmholtz die Arbeit gekannt hätte, so wäre sein Ruhm, das Prinzip der Erhaltung der Energie aufgestellt zu haben, dadurch in Nichts geschmälert; die Höhe der Auffassung ist bei Helmholtz eine ganz andere und die Art der Begründung eine viel sicherere. Nachdem Helmholtz die Arbeit Robert Mayers kennen gelernt, hat er rückhaltslos dessen Leistungen anerkannt und ist stets für die Priorität desselben eingetreten und hat sie besonders auch englischen Ansprüchen gegenüber vertheidigt.

Uns Jüngere berührt es wunderbar, wenn wir hören, dass Helmholtz' Schrift von der Erhaltung der Kraft, ebenso wie die Mayer'sche Schrift von Poggendorff, dem Redakteur des hauptsächlichsten physikalischen Journalen zurückgewiesen wurde und dass sie auch in den Kreisen der Berliner Akademie, der doch bedeutende Physiker angehörten, keinen Anklang fand. Eine Ausnahme machte Jacobi, dem diese Untersuchungsreihen besonders nahe lagen; er hat ja selbst wesentlich an dem Ausbau der Mechanik mitgewirkt. Die älteren Physiker, wie Magnus, Dove, Poggendorff gehörten ganz der experimentellen Richtung an und wollten von der mathematischen Behandlung nicht allzuviel wissen, oder betrachteten doch die mathematische Physik als ein Gebiet vollkommen für sich. Sagte doch zu derselben Zeit Magnus zu manchem seiner Schüler, Clausius müsse sich entscheiden, ob er experimenteller oder mathematischer Physiker werden wolle. Eine Vereinigung von experimenteller und mathematischer Richtung, bei der aber das Hauptgewicht auf letzterer lag, finden wir in Königsberg bei Neumann, dessen Schule ihre höchste Blüthe in

Kirchhoff gezeitigt und in Göttingen, wo Gauss und W. Weber zusammenarbeiteten. In Berlin war es die junge Generation, die sich eingehend mit mathematischen Studien beschäftigte und daher auch befähigt war Helmholtz' grosses Resultat zu erfassen. Vor allem ist es wohl Clausius gewesen, der die ganze Bedeutung übersah und sehr bald die schönsten Resultate erzielte, als er angeregt durch ein Referat in Magnus Colloquium, Helmholtz' Resultat mit dem Carnot'schen Kreisprozess in Verbindung brachte und in schneller Folge den beiden Hauptsätzen der mechanischen Wärmetheorie die Gestalt gab, in der wir dieselbe noch heute benutzen.

Das Prinzip von der Erhaltung der Energie ist in gewissem Sinne ein beschränkendes und sagt uns nur über die quantitativen Verhältnisse etwas aus, die bei Umsetzungen walten müssen. Dagegen gibt es uns noch keine Bestimmung darüber, in welchem Sinne die Verwandlung erfolgen muss, ob Arbeit unbegrenzt in Energie der Wärme und letztere unbegrenzt in Arbeit verwandelbar ist, wie sich dasselbe bei der Elektrizität, bei dem Lichte u. s. w. gestaltet; eine solche Bestimmung erhalten wir erst durch teils von Helmholtz selbst, teils von anderen weiter geführte Untersuchungen, die in seiner Unterscheidung zwischen freier und gebundener Energie ihren Abschluss finden; aus ihnen erfahren wir z. Bsp. einen wie grossen Teil der Wärme, die in einem galvanischen Element bei chemischen Prozessen entwickelt wird, sich als Stromesarbeit wiederfindet, eine Frage von eminent praktischer und theoretischer Bedeutung. Die Energieformen ordnen sich nach diesen Betrachtungen in verschiedene Rangstufen, je nachdem sie mehr oder weniger vollkommen in mechanische Arbeit verwandelbar sind.

Helmholtz hat auch später noch die einzelnen mechanischen Sätze auf allgemeine Prinzipien zurückgeführt. So zeigte er für alle umkehrbaren Naturprozesse, also diejenigen, welche ebensogut vor wie rückwärts durchlaufen werden können, dass das allgemeinste Gesetz, welches sie regelt, das Prinzip der kleinsten Wirkung ist. Ein umkehrbarer Prozess ist z. B. der in vielen Elementen sich abspielende, die in Folge der chemischen Prozesse in ihnen einen Strom liefern, während wenn der Strom in entgegengesetztem Sinne durch sie hindurch geschickt wird, ein chemischer Prozess auftritt, der dem ursprünglichen gerade ent-

gegengesetzt ist. Einen anderen umkehrbaren Prozess haben wir beim Erhitzen von Jodwasserstoffsäure; bei hohen Temperaturen entsteht Jod und Wasserstoff, beim Abkühlen bildet Jodwasserstoff sich zurück. Für nicht umkehrbare Prozesse, so für die meisten chemischen Prozesse, gelangt Helmholtz zu der Ansicht, dass es nur in unseren mangelnden Hilfsmitteln liege, sie zu umkehrbaren zu machen, da wir nicht alle durch den ersten Prozess erzeugten Verschiebungen und Bewegungen umkehren können. Wäre uns eine vollkommene Umkehrung aller Prozesse in einem gegebenen Momente möglich, so müsste die Weltentwicklung entgegengesetzt durchlaufen werden.

In neuerer Zeit hat dann Helmholtz noch mehrere namentlich für die mechanische Wärmetheorie wichtige Arbeiten über monocyclische Systeme verfasst, die in der Hand von Boltzmann zu folgenschweren Ergebnissen führten.

Die bisher besprochenen Untersuchungen waren ganz allgemeiner Natur, ihre Konsequenzen müssen für alle Gebiete der Naturforschung in gleicher Weise gelten; anwendbar sind sie in um so höherem Grade, je mehr wir einen Einblick in die den Erscheinungen zu grunde liegenden mechanischen Vorgänge erhalten.

Ich möchte jetzt eine Reihe von spezielleren Arbeiten besprechen.

Von den mannigfachsten Seiten war schon seit Jahrhunderten die Bewegung der Flüssigkeiten und Gase behandelt worden; dabei waren aber, ihrer Schwierigkeit wegen, sorgfältig alle die Fälle ausgeschlossen worden, bei denen innerhalb eines kleinen Raumes rotierende Bewegungen, Wirbelbewegungen auftreten. In einer einzigen Abhandlung von mässigen Umfang legt Helmholtz dar, wie auch diese Probleme mathematisch behandelt werden können. Er gelangt dabei zum Begriff des Wirbelfadens; dies sind beliebig gewundene Teile der Flüssigkeit, in denen um eine Axe eine Rotation stattfindet. Vereinen sich die beiden Enden eines Wirbelfadens, so erhält man einen Wirbelring. Solche Wirbelfäden und Wirbelringe müssen bei gewissen Voraussetzungen über die Natur der Umgebung unveränderlich dieselbe Menge Flüssigkeit enthalten und sind unzerstörbar. Nähern sich zwei Wirbelringe, so ziehen sie sich gegenseitig an, oder stossen sich ab je nach der Art der Bewegung. Ueber einen solchen Wirbel-

ring können Schwingungen hingleiten, man kann sie ineinander schlingen, aber nur eine begrenzte durch die Struktur derselben bedingte Anzahl. Sie besitzen also Eigenschaften, wie wir sie bei den Atomen annehmen. In der That haben manche Forscher an Helmholtz anknüpfend, die Atome als Wirbelringe aufgefasst.

Mit diesen Arbeiten in mehr oder weniger engem Zusammenhang stehen Helmholtz' Untersuchungen über die Winde; die Bewegung von Luftballons, die Art der Luftbewegung in Pfeifen u. a. m.

In sehr vielen Untersuchungen beschäftigt sich Helmholtz mit elektrischen Fragen; die fundamentalsten dürften diejenigen sein, in denen er die verschiedenen Gesetze über die Wechselwirkung zweier Stromelemente einer genauen Diskussion unterwirft. Auf der einen Seite stand das von Weber aufgestellte Gesetz; er ging von der Anschauung einer Fernwirkung aus und fasste das Coulomb'sche Gesetz für die statische Elektrizität, das Ampère'sche für die Anziehung und Abstossung von Strömen, das Neumann'sche für die Induktion in einer einzigen Gleichung zusammen, die ausser den Abständen der wirkenden Teile noch ihre Geschwindigkeiten und ihre Beschleunigungen enthielt; sein Gesetz setzt ausserdem die Existenz zweier Elektrizitäten voraus. Auf der anderen Seite stand die Anschauung Maxwell's, der anknüpfend an Faraday die Fernwirkung durch die Wirkung eines Zwischenmediums ersetzte. Helmholtz behandelte zunächst Weber's Ansicht und gelangte zu dem Resultat, dass sie zu Konsequenzen führt, die mit den Thatsachen in Widerspruch stehen. Dagegen ergab sich für die Maxwell'sche Theorie eine vollständige Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Hieran hat sich eine lange Polemik geknüpft, die von Helmholtz' Gegnern oft sehr scharf, von ihm selbst aber in ruhiger Weise geführt wurde: in der Polemik machte sich auch ein etwas übertriebenes Nationalgefühl geltend. Helmholtz selbst hat, was ich noch besonders betonen möchte, die grosse Bedeutung des Weberschen Gesetzes hervorgehoben und nichts hat ihm ferner gelegen, als dem Entdecker desselben nicht volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Das Endresultat der Polemik war, dass Maxwells Anschauung siegreich blieb, und jetzt fast allein noch benutzt wird. Helmholtz versuchte selbst die experimentelle Hauptentscheidung zu fällen und zu zeigen, dass elektrische Störungen eine endliche

Zeit brauchen, um sich fortzupflanzen. Dies gelang aber erst Hertz, der in den von Kirchhoff und Sir W. Thomson genauer diskutierten elektrischen Schwingungen ein Hilfsmittel dazu fand.

Wir verlassen jetzt die spezifisch physikalischen Arbeiten von Helmholtz und wollen noch einen Blick auf seine Tonempfindungen und seine physiologische Optik werfen.

In seiner physiologischen Optik und seiner Lehre von den Tonempfindungen sowie einer Reihe von öffentlichen Vorlesungen sind die Ergebnisse der Forschungen zusammengefasst, in denen er sich die Aufgabe stellt, zu untersuchen, in welcher Weise wir durch Auge und Ohr eine Kenntnis der uns umgebenden Aussenwelt erhalten, wie wir diese Eindrücke zu Vorstellungen über die Aussenwelt verarbeiten und wie mit denselben unser ästhetisches Empfinden zusammenhängt.

Zum Verständnis der physiologisch-optischen Erscheinungen, war es zunächst nöthig, das Organ, durch das wir die Eindrücke aufnehmen, genauer zu studieren. Dazu hat Helmholtz eine ganze Reihe von Instrumenten ersonnen, vor allem den Augenspiegel, dessen Erfindung er selbst in wissenschaftlicher Beziehung selbst eine nur untergeordnete Bedeutung beilegt. Nachdem er mit dem Augenspiegel und anderen Hilfsmitteln den Bau des Auges, als eines optischen Instrumentes genauer erforscht und die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Teile, die es zusammensetzen, bestimmt hatte, war eine sichere Basis auch für das grosse Gebiet der Ophthalmologie gelegt. Aber nicht nur die Umrisse der Netzhautbilder der äusseren Gegenstände sind die Zeichen von ihrer Existenz, welche wir im Auge erhalten, sondern sie sind auch mannigfaltig gefärbt. Anknüpfend an eine von Th. Young aufgestellte Ansicht entwickelte dann Helmholtz die nach beiden Forschern benannte Theorie; nach ihr enthält die Retina 3 Arten von Nerven, rothempfindliche, grünempfindliche und endlich solche, die das blau oder violett wahrnehmen. Dadurch kann er die gesammten Farbenwahrnehmungen, so weit sie zu seiner Zeit bekannt waren, erklären. Auf Helmholtz Forschungen weiter bauend, haben dann andere Gelehrte theils seine Ansichten ergänzt und berichtigt, theils auch abweichende Hypothesen aufgestellt.

Bei diesen Untersuchungen wurde Helmholtz auch zu der Frage geführt, welchen Realitäten die Zeichen entsprechen, welche wir mit unserem Auge und unserem Tastsinn erhalten. Er schliesst

sich im Prinzip Kant darin an, dass die Raumauffassung eine uns Menschen a priori gegebene, für uns notwendige, also nach Kant transcendente Form der Anschauung sei, aber gleichzeitig betont er, dass der Raum nicht etwa die Eigenschaften zu haben braucht wie sie in den Axiomen des Euklid ausgesprochen sind, so z. B. dass die Winkel eines Dreiecks zusammen 180° betragen. Bei der Weiterführung dieser Ideen entstehen die wundervollen Arbeiten über die Axiome der Geometrie, unsere Raumanschauung; durch diese Arbeiten werden der Mathematik neue Gebiete erobert, andererseits unsere Raumvorstellungen wesentlich geklärt. Manche dieser Untersuchungen berühren sich mit solchen von Riemann und anderen.

Dass Helmholtz' Tonempfindungen bahnbrechend gewirkt haben, ist allbekannt. Von den Beobachtungen aufsteigend, gelangt er zu der Lehre von der Konsonanz, die aber nach ihm nicht die wesentliche Grundlage der Theorie der Musik ausmacht; die wesentliche Basis der Musik ist die Melodie; eine Musik ohne Harmonie ist wohl möglich, sie findet sich noch jetzt bei vielen aussereuropäischen Völkern; eine Musik ohne Melodie ist undenkbar; die Harmonie dient nur zur Verstärkung der Melodie. Wie lang war aber der Weg bis zu dieser allgemeinen musikalischen Anschauung; während ihn Helmholtz durchwandert, bereichert er unsere Wissenschaft mit vielen Thatsachen und neuen Erkenntnissen; er studiert die Bewegung in Pfeifen und von Saiten, die Zusammensetzung von Klängen, die Kombinations-töne. Er untersucht die Bildung der Vokale. Hatte hier auch Grassmann, dessen Arbeiten Helmholtz unbekannt geblieben waren, schon viele Resultate gewonnen, und sind an manchen Stellen von späteren Forschern Ergänzungen und Verbesserungen angebracht worden, die Bahn hat Helmholtz doch gebrochen.

In den zuletzt besprochenen Arbeiten hatte Helmholtz vielfach Gelegenheit auf das psychologische und ästhetische Gebiet überzugreifen; in einzelnen der Arbeiten stellte er sich dies sogar geradezu zur Aufgabe. Dadurch wurden die Grenzen zwischen Physiologie und Psychologie schärfer abgesteckt und immer mehr nach dem Gebiete der Psychologie vorgeschoben. Von immer neuen und neuen Gebieten ergab sich, dass sie der Physiologie angehörten. Darauf haben dann Wundt und seine Schüler weiter gebaut. Natürlich wollte Helmholtz bei seinen ästhetischen Be-

trachtungen nicht, was oft missverstanden worden ist, lehren, wie Gemälde zu malen, wie Tonwerke zu componiren sind. Er entwickelt aus Beobachtungen an vorhandenen Werken die Gesetze des Schönen und prüft sie als Naturforscher. Wie schon lang für die Architektur erkannt war, dass nur der Bau uns schön erscheint, der den statischen Gesetzen gehorcht, so findet Helmholtz ähnliche Gesetze in den verwickelteren Gebieten des Tones und des Lichtes. Damit ist der Aesthetik, soweit sie sich nicht auf volltönende Phrasen beschränkt, die sichere der Prüfung zugängliche Grundlage gegeben; Physiologie und Psychologie geben die *conditio sine qua non* des Schönen; der Künstler genügt ihr unbewusst und schafft das Schöne. Helmholtz hat dabei aber nie vergessen, dass zu dem naturwissenschaftlichen Moment auch das rein psychische hinzutreten muss. Er selbst hat an mehreren Stellen seinem Empfinden über Kunstwerke in der schönsten und erhabensten Weise Ausdruck gegeben.

Ich habe versucht Ihnen einen Ueberblick über Helmholtz' wissenschaftliche Arbeit zu verschaffen, viele wichtige Arbeiten habe ich freilich nicht einmal genannt und was ist doch alles an uns vorüber gegangen. Unglaublich klingt, dass ein Mann all diese Gebiete beherrscht und überall grundlegendes geschaffen hat. Historiker späterer Zeiten werden unter dem einen Helmholtz eine ganze Reihe von Gelehrten gleichen Namens vermuten. Ist trotzdem sein Name in weiten Kreisen weniger bekannt, wie der manches anderen, so liegt dies einmal darin, dass er nie in den Kampf der Parteien eingetreten und dann darin, dass seine Forschungen nicht so direkt wie etwa diejenigen eines Darwin mit ethischen und religiösen Anschauungen in Konflikt geriethen, trotzdem sein Prinzip von der Erhaltung der Energie für die ganze Weltanschauung von weittragendster Bedeutung ist.

Hoffen wir, dass Helmholtz noch recht lange in seiner geistigen Frische, die in seinem 70. Jahre noch gerade so gross ist, wie in seinen früheren Tagen, den Seinen und der Wissenschaft erhalten bleibe.