

Please take notice of: (c)Beneke. Don't quote without permission.

# **Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz**

**(31.08.1821 Potsdam - 08.09.1894 Berlin)**

## **und zur Geschichte der russischen Studentinnen und Studenten in Heidelberg im letzten Jahrhundert**

Klaus Beneke  
Institut für Anorganische Chemie  
der Christian-Albrechts-Universität  
der Universität  
D-24098 Kiel  
k.beneke@email.uni-kiel.de



**Aus:**

**Klaus Beneke**

**Biographien und wissenschaftliche Lebensläufe von Kolloidwissenschaftlern, deren Lebensdaten mit 1996 in Verbindung stehen.**

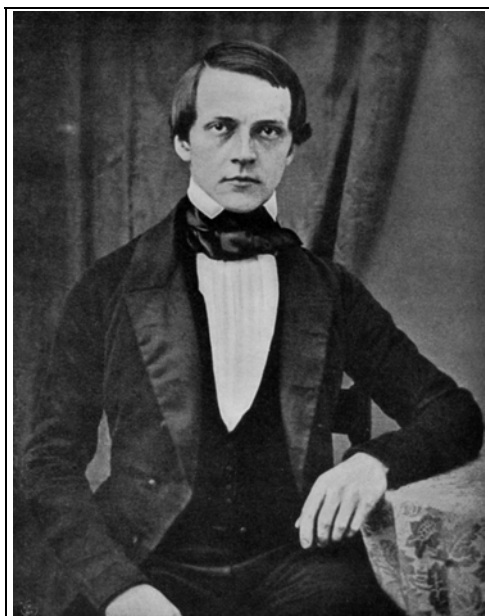
**Beiträge zur Geschichte der Kolloidwissenschaften, VIII**

**Mitteilungen der Kolloid-Gesellschaft, 1999, Seite 106-150**

**Verlag Reinhard Knof, Nehnten**

**ISBN 3-934413-01-3**

**Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von (31.08.1821 Potsdam - 08.09.1894 Berlin)**



Hermann Helmholtz (1848)

Hermann Helmholtz wurde als ältestes von sechs Kindern geboren. Dem Sohn Hermann folgten die Töchter Maria und Julie, zehn Jahre später Otto und danach noch zwei Söhne, die bereits nach wenigen Jahren starben. Sein Vater August Ferdinand Julius Helmholtz (1792 - 1858), Professor der Philosophie am Potsdamer Gymnasium, hatte eine starke Neigung für die Philosophie des deutschen Idealismus sowie für Kunst, Musik und Poesie. Er hatte während seiner Studienzeit Vorlesungen bei Johann Gottlieb Fichte (1762 - 1814) gehört, der ihn lebenslang beeinflusste. Dessen Sohn Immanuel Hermann Fichte (1796 - 1879), ebenfalls ein einflussreicher Philosoph, wurde der Taufpate von Hermann Helmholtz.

Der Vater heiratete im Oktober 1820 Caroline Auguste, geb. Penne (1797 - 1854), Tochter des Königlich preußischen Hauptmann der Artillerie Johann Carl Ferdinand Penne (1769 - 1812) und der Juliane Margarethe Moser (1768 - 1822). Die Familie Penne war mit dem Quäker William Penn (1644 - 1718), dem Gründer des Staates Pennsylvanien (Penns-Waldland) und der Stadt Philadelphia (Stadt der Bruderliebe) in den USA, verwandt (Turner, 1972; Heidelberger, 1997).

Schon während seiner Schulzeit fand Helmholtz in der Bibliothek seines Vaters physikalische und chemische Lehrbücher, die er mit großem Interesse las. Nach dem Abitur wollte Helmholtz Physik studieren, jedoch war die finanzielle Situation des Vaters als Lehrer nicht besonders gut. Deshalb war der Vater bestrebt, seinen Sohn in der 1795 gegründete Pépinière, ab 1818 Königlich-medizinischen-chirurgischen Friedrich-Wilhelms-Institut genannt, unterzubringen. Diese war eine militärärztliche Anstalt. Die jährlich 80 bis 90 Zöglinge erhielten ein kostenfreies vierjähriges Studium mit der Verpflichtung, danach acht Jahre dem Militär zu dienen. Im September 1838 wurde Helmholtz in die Pépinière, aufgenommen (Kaiser, 1994; Wolff, 1997). Am 1. Dezember 1838 schrieb der 17jährige Eleve an seinen Vater in Potsdam:

*„Lieber Vater, seit ich bei Euch war, ist das Arbeiten recht tüchtig begonnen. Die Repetitionsstunden bis auf zwei osteologische werden jetzt alle gehalten, und da müssen wir denn oft Abends sitzen, und Muskeln über Muskeln lernen, daß uns der Kopf raucht. Mir wird es zwar etwas leichter als den anderen, aber doch hatte ich auch einmal einen Anfall von Ärger über Gott und die Welt, wie ihn alle, die hier in das Institut aufgenommen werden, einige Male empfinden. Indessen geht es*

*gewöhnlich in wenigen Stunden vorüber und die jugendliche Heiterkeit siegt wieder ob. Die Zeit, welche mir bei Tage übrig bleibt, verwende ich zur Musik, bisher war es an den schlimmsten Tagen im Ganzen doch ziemlich eine Stunde, Freitag, Sonnabend und Sonntag ist dann mehr Zeit. Allein spiele ich Mozartsche und Beethovensche Sonaten, mit meinem Stubenburschen zusammen dann öfters neuere Sachen, die derselbe herbeischafft, vom Blatte. Des Abends habe ich Goethe gelesen und Byron, welchen mir Kühne geborgt hat, und zur Abwechslung auch Integralrechnung getrieben“ (Thews, 1995).*



Ernst Wilhelm Ritter von Brücke

Während der Ausbildung am Friedrich-Wilhelms-Institut besuchte Helmholtz Vorlesungen an der Universität Berlin. Er hörte Chemie unter Eilhard Mitscherlich (1794 - 1863), klinische Medizin unter Johannes Lucas Schönlein (1793 - 1864) und Anatomie und Physiologie unter Johannes Peter Müller (1801 - 1858) (siehe → Rudolphi). Letzterer weckte bei Helmholtz das Interesse an den physikalisch-chemischen Ursachen des Lebens, welches einen bleibenden Einfluß auf Helmholtz ausübte. Im Schülerkreis von Müller traf er die später selbst bedeutenden Physiologen Ernst Wilhelm Ritter von Brücke (1819 - 1892) und Emil Heinrich du Bois-Rey-

mond (1818 - 1896) (siehe → du Bois-Reymond), mit denen er eine lebenslange Freundschaft pflegte. Er las die Werke von Leonhard Euler (1707 - 1783), Daniel Bernoulli (1700 - 1782), Jean le Rond d'Alembert (1717 - 1783) Joseph Louis Lagrange (1736 - 1813) und Pierre Simon Laplace (1749 - 1827), durch die er sich mathematisch bildete. Dazu kamen noch die philosophischen Werke Immanuel Kants (1724 - 1804).

Im Winter 1841 begann Helmholtz seiner Doktorarbeit unter Müller und bearbeitete ein Thema zur Histologie des Nervensystems. Er hatte sich, wahrscheinlich auch auf Drängen des Vaters, in den Kopf gesetzt, mit 20 Jahren zu promovieren. Voller Hoffnung begann er mit einem primitiven Mikroskop sein selbstgestecktes Ziel zu erreichen. Doch in einem Brief an seinen Vater schrieb er:

*„Ich war heute beim Professor Müller mit meiner Dissertation, er nahm mich sehr freundlich auf, und nachdem er sich das Hauptresultat, und die Beweise dafür hat erklären lassen, erklärte er, daß es allerdings von großem Interesse sei, indem es einen Ursprung der Nervenfasern nachweist, der bei den höheren Thieren wohl vermuthet, aber nicht bewiesen werden konnte, rieth mir jedoch, es erst bei einer vollständigen Reihe von Thieren zu untersuchen, als ich bisher gethan...Da ich ihm nichts vernünftiges entgegenzusetzen wußte, und mir das meiste davon eigentlich schon selbst gesagt hatte, so werdet Ihr also wohl den zwanzigjährigen Doctor auf-*

*geben müssen und mit dem einundzwanzigjährigen fürlieb nehmen müssen. Sollte Euch das zu viel Schmerz machen, so schreibt es mir, dann übersetze ich meine Rede, die ich Pfingsten hier im Institut gehalten habe, und ich bin in der nächsten Woche Doctor.“*

Helmholtz machte sich noch einmal an die Arbeit, die er am 2. November 1842 mit der Promotion abschloß. In dieser Arbeit wies er erstmalig an wirbellosen Tieren den Ausgang der Nervenfasern von den Ganglienzellen (Nervenzellen) nach. Diese Erkenntnis wurde zu einer wichtigen Grundlage der Neuroanatomie und der Neurophysiologie. Die Ganglienzellen selbst hatte erstmals 1833 der Biologe Christian Gottfried Ehrenberg (1795 - 1876) beschrieben (Helmholtz, 1842; Thews, 1995).

Schon am 30. September 1842 hatte das obligatorische Jahr in der Charité für Helmholtz begonnen, wobei er als Chirurg verschiedene Abteilungen durchlief. Der Dienst von mehr als zwölf Stunden ließ zuerst wenig Zeit für wissenschaftliche Forschung. Erst ab Februar 1843 konnte er diese in Müllers Laboratorium wieder aufnehmen. Danach bat er um Versetzung nach Potsdam. Dort war er von Oktober 1843 bis Mai 1847 Stabschirurg und Assistent des Regimentsarztes der königlichen Gardehusaren, einer Kavallerieeinheit mit mehr als 500 Soldaten und eigenem Krankenhaus. Auch von dort hielt Helmholtz weiterhin Kontakt zu seinen Freunden in Berlin. Neben der militärärztlichen Tätigkeit vertiefte Helmholtz seine durch Selbststudium beigebrachten mathematischen Kenntnisse, in dem er diese durch Experimentiermöglichkeiten und Kolloquien bei dem Physiker Heinrich Gustav

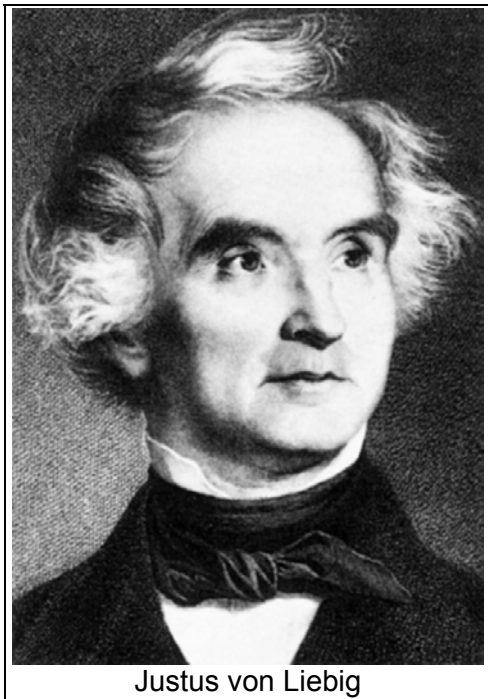


Gründungsmitglieder der  
Physikalischen Gesellschaft (1845)

Magnus (1802 - 1870) in Berlin ergänzte. Gleichzeitig richtete er in einer Armeebaracke ein kleines physikalisches-physiologisches Laboratorium ein. Von Oktober 1845 bis Februar 1846 wurde Helmholtz beurlaubt, um als attachierter Chirurg beim Friedrich-Wilhelms-Institut seine Staatsprüfung als Arzt und Wundarzt abzulegen. Ein weiterer Vorteil war die Einführung von Helmholtz (1845) in die am 14. Januar 1845 von jungen Wissenschaftlern, alle im Alter von 23 bis 28 Jahren, gegründeten Physikalischen Gesellschaft in Berlin. (Gründungsmitglieder waren: Emil du Bois-Reymond, Ernst von Brücke, Wilhelm von Beetz (1822 - 1886), Gustav Karsten

(1820 - 1900), Wilhelm Heintz (1817 - 1880) und Carl Hermann Knoblauch (1820 - 1895)). Die Gesellschaft hatte am Ende des Gründungsjahres bereits 53 Mitglieder, unter ihnen der damalige Leutnant Werner Siemens (1816 - 1892) und Gustav Heinrich Wiedemann (1826 - 1899). In dieser Gesellschaft trug Helmholtz 1847 seine Abhandlung *Über die Erhaltung der Kraft* vor, in der er den Energieerhaltungssatz

formulierte (Helmholtz, 1847; Turner, 1972; Kaiser, 1994; Thews, 1995; Heidelberger, 1997; Wolff, 1997).



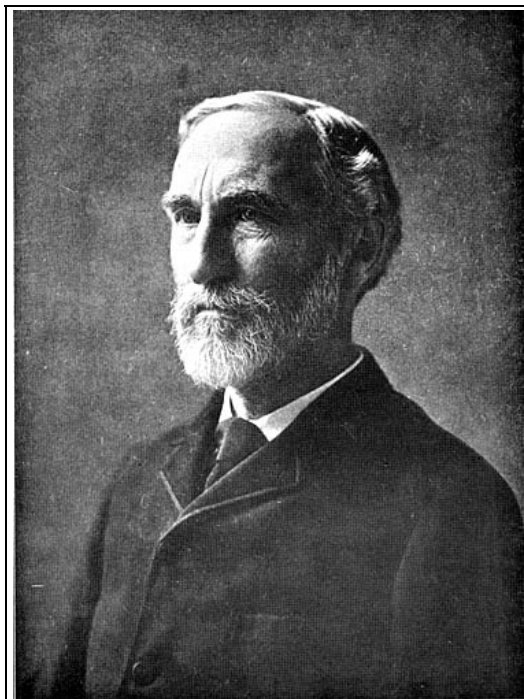
Justus von Liebig

Die jüngeren Physiker und Physiologen nahmen die Ideen von Helmholtz begeistert auf, während die älteren Physiker und Mathematiker Berlins befürchteten, daß die in der Arbeit „*niedergelegten Speculationen wieder die Phantasien der Hegel'schen Naturphilosophie aufleben lassen könnten, gegen die sie so lange und endlich siegreich den Kampf geführt*“ (Königsberger, 1902/03) hatten. Die Arbeit wurde von Johann Christian Poggendorff (1796 - 1877), dem Herausgeber der *Annalen der Physik*, mit der Begründung zur Veröffentlichung in seiner Zeitschrift abgelehnt, da die Arbeit zu wenig experimentell und zu theoretisch wäre. So ließ Helmholtz sie als eigene Broschüre erscheinen (Helmholtz, 1847). Poggendorff hatte schon 1842

Julius Robert Meyers (1814 - 1878) erste Arbeit zum gleichen Thema abgelehnt. Justus Liebig (1803 - 1873) akzeptierte die Arbeit Meyers 1842 in den *Annalen der Chemie und Pharmacie* (Meyer, 1911).

Bereits um 1840 entwickelte Helmholtz erste Überlegungen zum Energieprinzip, die er aus Untersuchungen über das Wesen der Gärung und Fäulnis sowie über physiologische Wärmeerscheinungen ableitete. Dabei folgerte er, daß die Hypothese einer besonderen, alle Lebensvorgänge aufrechterhaltenden „Lebenskraft“ gleichbedeutend sei mit der Annahme eines Perpetuum mobile. Meyer hatte 1840 als Schiffsarzt auf einer Reise nach Java festgestellt, daß bei Aderlässen an Seeleuten das Blut der Armvene eine helle Röte besaß, so daß man glaubte, eine Arterie getroffen zu haben. Die örtlichen Ärzte sagten ihm, daß diese Farbe des Blutes typisch für die Tropen sei, da für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur in den Tropen eine geringere Sauerstoffmenge benötigt würde als in kälteren Gebieten. Bekannt war schon, daß animalische Wärme durch die Oxydation der Lebensmittel erzeugt wird. Meyer machte sich Gedanken und kam zu der Überzeugung, daß zusätzlich zur Erzeugung von Körperwärme noch Arbeit geleistet werden kann. Dabei kann dieselbe Menge an Nahrung unter Umständen einmal mehr, einmal weniger Wärme erzeugen. Meyer kam durch Untersuchungen auf der Rückreise zu der Überzeugung, daß dieselbe Nahrungsmenge jeweils stets dieselbe Energiemenge produziert, nur daß Arbeit und Wärme austauschbare Quantitäten derselben Art sind. Dabei kann der Körper durch Verbrennung derselben Nahrungsmenge verschiedene Mengen an Wärme und Arbeit produzieren, die Summe der beiden müßte jedoch konstant sein. Helmholtz behandelte in seiner Arbeit *Über die Erhaltung der Kraft*,

anknüpfend an mechanische Wirkungen, die Energieumwandlung bei elektromagnetischen, thermoelektrischen, thermischen und andere Vorgängen. Dabei stellte er z. B. für die Herleitung des allgemeinen Induktionsgesetzes eine Energiebilanz auf. Auf diese Methode griff James Clerk Maxwell (1831 - 1879) 1856 in seiner



Josiah Willard Gibbs

Abhandlung zur elektromagnetischen Feldtheorie zurück. Helmholtz kam erst in den 70er Jahren wieder durch die Energieproblematik bei chemischen Vorgängen auf dieses Thema zurück. Dabei unterschied er zwischen „gebundener“ und „freier“ Energie und leitete die nach ihm und Josiah Willard Gibbs (1839 - 1903) (Gibbs, 1876) bezeichnete Gleichung ab. An dem 1. Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie war noch James Prescott Joule (1818 - 1889) beteiligt. Den 2. Hauptsatz der Thermodynamik formulierte Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822 - 1880), (Clausius, 1850, 1867, 1898) den 3. Hauptsatz der Thermodynamik beschrieb Walther Friedrich Hermann Nernst (1864 - 1941) (Nernst, 1906; Beneke, 1995; Heidelberger, 1997).

Auf Empfehlung Alexander von Humboldts (1769 - 1859) wurde Helmholtz 1848 vorzeitig aus dem Militärdienst entlassen und unterrichtete Anatomie an der Berliner Kunstakademie, eine für einen Forscher wenig attraktive Position. Brücke trat 1848 von seinem Lehrstuhl für Physiologie in Königsberg zurück, um in gleicher Position in Wien zu lehren. Du Bois-Reymond verzichtete auf die vakante Stelle und Helmholtz erhielt den Ruf auf die außerordentliche Professur für Physiologie und Pathologie in Königsberg, den er 1849 annahm. Vorher, am 26. August 1849, heiratete er in Potsdam seine langjährige Verlobte, Olga von Velten (1826 - 1859).

In Königsberg befaßte sich Helmholtz mit der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenimpulses, indem er den Zeitunterschied zwischen Reizung und Zuckung des Froschmuskels maß. Bei diesem Experiment zeigte er außerordentliches Geschick, denn die Messung kleinster Zeiten war sehr schwierig. Dabei bediente er sich des bereits bekannten Meßprinzips, wonach der Ausschlag eines Galvanometers von der Zeitdauer des Stromflusses abhängt. Durch Kopplung mit der Nervenreizung wurde der Stromkreis des Galvanometers geschlossen und durch Verkürzung des Muskels selbst wieder unterbrochen. Durch Anbringung der Reizelektroden in verschiedenen Abständen vom Muskel ließ sich der Zeitbedarf für den längerdauernden Kontraktionsprozeß eliminieren. Dazu benutzte er später ein Myographion, eine rotierende rußgeschwärzte Trommel, auf der die Verkürzung des Muskels direkt aufgezeichnet werden konnte. Die durch die geniale Kombination

einer physikalischen mit einer physiologischen Methode gelang es erstmals, die Erregungsleitungsgeschwindigkeit im Nerven zu bestimmen. Helmholtz schickte du Bois-Reymond einen Bericht darüber nach Berlin, mit der Bitte, sie an die Preußische Akademie weiterzuleiten. Diese kurze Mitteilung stieß zunächst auf viel Zweifel und Widerspruch. Sein Lehrer Müller hatte noch kurz davor erklärt, daß es wegen der Kürze der Nervenstrecke wohl nie gelingen würde, die Nervenleitungsgeschwindigkeit analog der Lichtgeschwindigkeit zu messen. Dahinter stand die vitalistische Vorstellung, eines geheimnisvollen, immateriellen Agens, das in der Nervenfasern mit unmeßbar hoher Geschwindigkeit fortgeleitet wird. Das unerwartete Ergebnis für Physiologen und Physiker war die Erkenntnis, daß die Nervenleitung ein relativ langsamer Prozeß ist, der sich physikalisch deuten ließ. Man war noch weit entfernt, die Vorgänge der Nervenleitung zu verstehen, sprach aber von der Bewegung materieller Teilchen oder von der Veränderung in der Molekulanordnung. Es schien aber klar zu sein, daß biologische Prozesse sich auf physikalische und chemische Gesetzmäßigkeiten zurückführen ließen, wie es Helmholtz und seine Freunde schon früher postuliert hatten. Die Ergebnisse wurde in einer erweiterten und verfeinerten Arbeit im Juli 1850 unter dem Titel *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckungen animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung der Nerven* veröffentlicht. Trotzdem mußte noch viel Überzeugungsarbeit geleistet werden, bis diese bahnbrechenden Ergebnisse überall anerkannt wurden (Turner, 1972; Thews, 1995; Heidelberger, 1997).



Helmholtzsche Augenspiegel-Modelle mit auswechselbaren Konkavlinsen

Auch begann Helmholtz verstärkt mit sinnesphysiologischen Untersuchungen, wobei er gewissermaßen als Abfallprodukt 1850 den Augenspiegel erfand, der ihn auch außerhalb von Fachkreisen bekannt machte. Mit diesem konnte man erstmals beim lebenden Menschen den Augenhintergrund durch die Pupille betrachten, was die Augenheilkunde in theoretischer und praktischer Hinsicht revolutionierte (Helmholtz, 1851). In einem Brief vom Dezember 1850 berichtete er

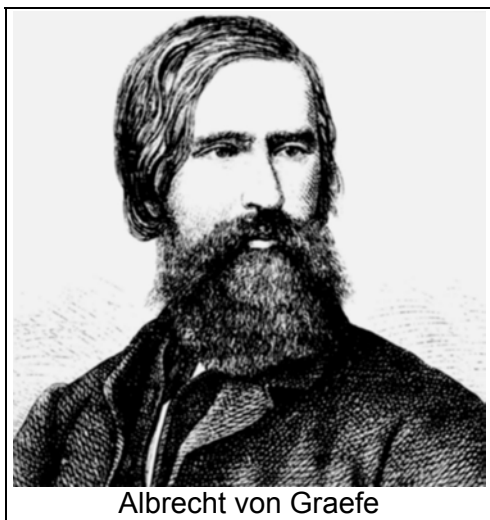
seinem Vater:

*„Außerdem habe ich bei Gelegenheit meiner Vorträge über Physiologie der Sinnesorgane eine Erfindung gemacht, welche möglicher Weise für die Augenheilkunde von dem aller bedeutendsten Nutzen sein kann. Sie lag eigentlich auf der Hand, erforderte weiter keine Kenntnisse, als was ich auf dem Gymnasium von Optik gelernt hatte, dass es mir jetzt lächerlich vorkommt, wie andere Leute und ich selbst so vernagelt sein konnten sie nicht zu finden. Es ist nämlich eine Combination von Gläsern, wodurch es möglich wird, den dunklen Hintergrund des Auges durch die Pupille hindurch zu beleuchten, und zwar ohne ein blendendes Licht anzuwenden, und gleichzeitig alle Einzelheiten der Netzhaut genau zu sehen, sogar genauer, als*

*man die äusseren Theile des Auges ohne Vergrößerungen sieht, weil die durchsichtigen Theile des Auges dabei die Stelle einer Lupe von 20maliger Vergrößerung für die Netzhaut vertreten. Man sieht die Blutgefäße auf das zierlichste, Arterien und Venen verzweigt, den Eintritt des Sehnerven in das Auge usw.“ (Thews, 1995).*

Helmholtz's Lehrer Müller hatte die bekannte Erscheinung, daß die Augen von Tieren, wie Katzen und Eulen, im Dunklen leuchten, als Reflexion des einfallenden Lichtes richtig interpretiert. Brücke konnte dieses Phänomen auch am Menschenauge erzeugen. Es bedurfte aber des Einfallsreichtums und der physikalischen Kenntnisse eines Hermann Helmholtz, hieraus die Konstruktionsmerkmale für ein optisches System abzuleiten, das die Betrachtung des scharf eingestellten Augenhintergrunds ermöglichte. Mit einfachsten Hilfsmitteln hatte er nach nur einer Woche Experimentieren den Augenspiegel erfunden. Allerdings wurde diese Erfindung nicht sogleich anerkannt und angewandt. In seiner später gehaltenen, berühmten Rede über „Das Denken in der Medicin“ berichtete er:

*„In bezug auf den Augenspiegel sagte mir ein hochberühmter chirurgischer Kollege, er werde das Instrument nie anwenden, es sei zu gefährlich, das grelle Licht in kranke Augen fallen zu lassen, ein anderer erklärte, der Spiegel möge für Ärzte mit schlechten Augen nützlich sein, er selbst habe sehr gute Augen und bedürfe seiner nicht“ (Helmholtz, 1877; Thews, 1995).*



Albrecht von Graefe

Als einer der ersten führte der angesehene Berliner Ophthalmologe Albrecht von Graefe (1828 - 1870) den Augenspiegel in seiner Praxis und kleinen Klinik (2 Betten), die erste seiner Art in Deutschland, ein, in dem er am 7. November 1851 von Hermann Helmholtz für sich und seine ausländischen Freunde drei Augenspiegel erbat. Graefe erschloß durch die Erkundung des Augenhintergrundes neue Heilmöglichkeiten für bis dahin unheilbar betrachtete Augenleiden. Bereits 1857 konnte er die erste erfolgreiche Operation des durch Druckerhöhung im Augeninnern

verursachten Glaukoms, wobei die feinen Gebilde der Netzhaut und des Sehnervs allmählich bis zum Erlöschen des Sehvermögens abgetötet wurden, durchführen. Dabei trennte Graefe aus der Regenbogenhaut ein spitzkuchenförmiges Stück heraus (Iridektomie), indem es ihm gelang, dem druckerzeugenden Kammerwasser, günstigere Abflußmöglichkeiten zu ermöglichen. Dadurch konnte er die in der Regel auf beide Augen übergreifende, und letztlich zu völliger Erblindung führende Sehnervenatrophie erfolgreich operieren. Graefe, der sehr sozial eingestellt war, behandelte ohne Unterschied Arme und Reiche, in Zeitungannoncen inserierte er, daß er unbemittelte Augenranke unentgeltlich behandeln würde. Heute kann festgestellt

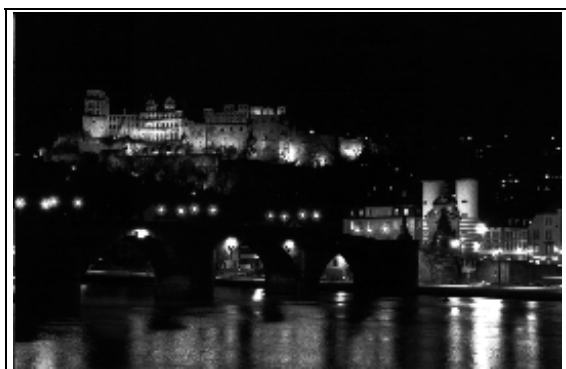


werden, daß der Helmholtzsche Augenspiegel die Ophthalmologie auf eine neue Basis stellte, und dieser zum unentbehrlichen Hilfsmittel in der Diagnostik innerer Erkrankungen wurde (Karger-Decker, 1991).

Typisch für die Arbeitsweise von Helmholtz war, daß er in seiner wissenschaftlichen Forschung zwischen den Disziplinen hin und her wechselte. So wechselte er von der erfolgreichen Lösung eines Problems von der Physiologie zur Mathematik, zur experimentellen und theoretischen Physik, zur Psychologie, zur Erkenntnistheorie oder auch zu anderen Kombinationen (Turner, 1972; Heidelberger, 1997).

1851 war Helmholtz in Königsberg zum ordentlichen Professor für Physiologie ernannt worden. Im Auftrag der Preußischen Regierung besuchte er Physiologische Institute in Deutschland. 1853 führte ihn eine Reise erstmals nach England, wo er viele bekannte englische Physiker, wie Michael Faraday (1791 - 1867), George Gabriel Stokes (1819 - 1903), George Biddell Airy (1801 - 1892) und Charles Wheatstone (1802 - 1875) kennenlernte, und sich mit William Thomson [Lord Kelvin of Largs] (1824 - 1907) befreundete. In Königsberg war die Situation für Helmholtz nicht allzu glücklich. Seine Frau kränkelte und litt unter dem kalten Klima Königsbergs, und Helmholtz hatte Konflikte mit dem Physiker Franz Ernst Neumann (1798 - 1895). Ein 1853 abgelehnter Ruf nach Kiel brachte in Königsberg eine Gehaltserhöhung auf 1 000 Taler im Jahr. Er war trotzdem sicher froh, als er 1855 wieder durch die Unterstützung von Alexander von Humboldt den vakanten Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie in Bonn übernehmen konnte, den der Bois-Reymond, der in Berlin finanziell unabhängiger war, abgelehnt hatte (Turner, 1972; Kaiser, 1994; Heidelberger, 1997).

In Bonn beendete Helmholtz den ersten Band des *Handbuch der physiologischen Optik* (Helmholtz, 1856/66). Aber auch in Bonn war er nicht zufrieden. Die Anatomie war ein nicht geliebtes Kind von Helmholtz und es gab heimliche Berichte zum Minister, daß seine Vorlesung unzulänglich wäre. Helmholtz vermutete hinter diesen Berichten traditionelle Mediziner, die in Opposition zu seiner mechanistischen physiologischen Lehre standen. Gleichzeitig war er einer der angesehensten jungen



Heidelberg bei Nacht

Wissenschaftler in Deutschland. 1857 bot ihm die Regierung von Baden einen Lehrstuhl der Physiologie an der Universität in Heidelberg an. Das Versprechen, ein neues Physiologisches Institut zu bauen, erleichterte ihm 1858 die Zusage, nachdem der Prinz von Preußen ihn im letzten Moment zum Bleiben in Bonn überreden wollte.

In Heidelberg, wo Helmholtz vierzehn Jahre bleiben sollte, waren die produktivsten Jahre seines Lebens. Hier baute er seine sinnesphysiologischen Untersuchungen aus, die er schon 1853 begonnen

hatte. Dieses Gebiet interessierte ihn stark, weil sich hier ein Feld für die umfassende Aufklärung der Naturerscheinungen eröffnete. Der englische Mediziner, Physiker und Ägyptologe Thomas Young (1773 - 1829) hatte eine Reihe von Versuchen durchgeführt, um über die Beschaffenheit des Lichtes mehr Aufschluß zu erhalten. Dabei postulierte er 1801, daß es in der Netzhaut drei farbempfindliche Elemente geben müsse, wobei die Wahrnehmung der verschiedenen Farbtöne durch die drei Grundfarben Rot, Grün und Violett hervorgerufen wird. Helmholtz begann mit Farben zu experimentieren und stellte fest, daß Farben auf einer Palette gemischt einen anderen Farbeindruck vermitteln, wie aus den gleichen Farben gemischtes Licht, das direkt ins Auge fällt. Er kam zu der Erkenntnis, daß im ersteren Fall der Farbeindruck durch die Lichtabsorption in verschiedenen Spektralbereichen erfolgt, also durch einen rein physikalischen Prozeß. Im letzteren Fall erkannte er die Wahrnehmung der Mischfarbe als das Ergebnis eines physiologischen Vorgangs, modern gesprochen, der Informationsverarbeitung im Zentralnervensystem. Die Zweifel am Postulat von Young waren damit ausgeräumt, so daß man heute zurecht von der trichromatischen *Theorie nach Young-Helmholtz* spricht. Der Nachweis von drei in verschiedenen Spektralbereichen empfindlichen Photosensoren in der Netzhaut ließ die Theorie zu einem festen Bestand unseres Wissens werden (Thews, 1995).

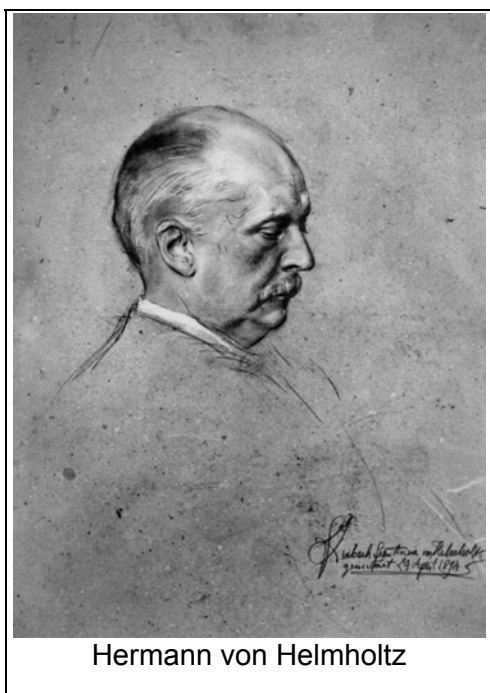
Das visuelle System hatte zu jener Zeit noch ungelöste Probleme. Dabei gab es unzureichende Vorstellungen von der Wirkungsweise des dioptrischen Apparats im Auge, jenes lichtbrechende System, das auf der Netzhaut ein umgekehrtes, verkleinertes, reelles Abbild der Umgebung erzeugt. Helmholtz ein ausgezeichnete Kenner der geometrischen Optik widmete sich diesem Teil des Auges besonders. Es war schon bekannt, daß Hornhaut und Linse an der Lichtbrechung beteiligt waren, aber über die optischen Eigenschaften war wenig bekannt. Rätselhaft blieb besonders der Mechanismus der Akkommodation (lat.: *accomodatio* = Anpassung). Dieser ermöglicht es, Gegenstände in der Nähe oder Ferne scharf zu sehen. Die bis dahin vorgenommenen Erklärungsversuche waren nicht befriedigend. Es war Helmholtz vorbehalten, die der Akkommodation zugrunde liegenden Veränderungen in dioptrischen Apparat aufzuklären. Da die Lichtbrechung von der Krümmung der Flächen im optischen System abhing, erschien es ihm erforderlich, die jeweiligen Krümmungsradien zu messen. Dazu entwickelte Helmholtz ein Ophthalmometer, ein mit hoher Präzision ausgestattetes Instrument, mit dem er die Krümmung der Hornhaut- und Linsenflächen aus der Größe des Spiegelbildchen im Auge bestimmen konnte. War der Blick auf einen nahen Gegenstand gerichtet, war die Vorderfläche der Linse stärker gekrümmt. Die Zunahme der Brechkraft, die bei der Nahakkommodation erforderlich ist, um ein scharfes Bild zu erzeugen, kam offenbar durch eine verstärkte Linsenkrümmung zustande. Wie aber wurde diese Krümmungsänderung bewirkt? Der Physiologe Brücke, hatte kurz davor einen Ziliarmuskel (lat.: *cilium* = Lid) beschrieben, an dem die Linse über die sogenannten Zonulafasern (lat.: *zonula* = Gürtelchen) waren. Helmholtz fand für die Wirkung dieses Muskels eine einleuch-

tende Erklärung. Wird der Ziliarmuskel kontrahiert (lat.: *contraho* = (sich) zusammenziehen), dann werden die Zonulafasern entspannt, wobei die Linse ihrer Eigenelastizität entsprechend, eine stärkere Krümmung annahm. Diese neuen Befunde und Erkenntnisse über das binokulare Sehen, die Augenbewegungen und anderes hat er später in dem mehrbändigen *Handbuch der physiologischen Optik* zusammengefaßt (Thews, 1995).

Helmholtz beendete 1860 den zweiten und 1866 den dritten Band seines *Handbuchs der physiologischen Optik*. Dieses Werk hat seine typische Handschrift, der die wesentlichen Punkte des Problems sicher erfaßt und in seine physikalisch-mathematischen, physiologischen-experimentellen und psychologischen Aspekte zerlegt. Sein Freund du Bois-Reymond sprach in diesem Zusammenhang von einer „*unbegreiflichen Biagsamkeit des Talentes*“ (Turner, 1972; Heidelberger, 1997).

1863 publizierte Helmholtz sein ebenfalls einflußreiches Werk, *Die Lehre von dem Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* (Helmholtz, 1863). Dabei behandelte Helmholtz die Grundfrage, wie Töne, Klänge und Geräusche im Gehörorgan perzipiert und in ihrer Vielfalt und Komplexität wahrgenommen werden. Es gelang ihm der Nachweis, daß sich die Klangfarbe aus der Überlagerung eines Grundtons durch eine Reihe harmonischer Obertöne ergab. Den Beweis dafür konnte er synthetisch mit einem Stimmgabelapparat und analytisch mit Hilfe von Resonatoren erbringen. Die Obertöne, die die Klangfarbe bestimmen, entstehen in Musikinstrumenten durch Eigenschwingungen, die wiederum von der Gestaltung der Musikinstrumente abhängen. Analog dazu erklärte Helmholtz die Bildung der Vokale im menschlichen Sprechapparat. Dabei wird der im Kehlkopf erzeugte Grundton durch charakteristische Eigenschwingungen überlagert, die sich je nach Form der Mundhöhle als Ansatzrohr ergeben. Bei der entscheidenden Frage, wie die verschiedenen Frequenzen, die in den Schallwellen enthalten sind, im Corti'schen Organ (benannt nach dem Anatomen Alfonso M. de Corti (1822 - 1876)) des Innenohres in Nervenerregungen umgesetzt werden, kam Helmholtz zu dem richtigen Schluß, daß Wellen verschiedener Frequenzen unterschiedliche Orte der Basilarmembran in Schwingungen versetzen und damit unterschiedliche Nervenfasern aktivieren. Gleichzeitig postulierte er, daß die jeweiligen Schwingungen der Basilarmembran durch lokale Resonanz hervorgerufen wird. Tatsächlich handelt es sich bei der Frequenzdispersion um einen weitaus komplexeren Vorgang. Dabei liegt das Verdienst von Helmholtz in der Tatsache, daß er seinen Nachfolgern den Weg gewiesen hatte. Weiterhin griff er das Problem der Schallübertragung im Mittelohr auf, welches ihn zu eingehenden anatomischen Studien veranlaßte. Dabei konnte Helmholtz aufzeigen, daß der Schall das Trommelfell in Schwingungen versetzt, und die Schwingungen über eine Kette von Gehörknöchelchen in das Innenohr geleitet werden. Das Studium der Physiologie des Hörens führt Helmholtz schließlich zur Beschäftigung mit den physiologischen Grundlagen der musikalischen Harmonie. Diese Fragen der Ästhetik lagen ihn als Musikliebhaber und Wagner-Verehrer

(Richard Wagner 1813 - 1883) besonders am Herzen (Helmholtz, 1863; Thews, 1995).



Hermann von Helmholtz

Seine 1859 erschienene physikalische Abhandlung behandelt das Thema *Über Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden*. Dabei veranlaßten ihn die akustischen Untersuchungen, sich auch mit hydrodynamischen und aerodynamischen Problemen zu befassen. Helmholtz beschrieb in einer Arbeit die Hydrodynamik von Wirbelbewegungen. Dabei behandelte er Flüssigkeitswirbel in Analogie zu den elektromagnetischen Wirkungen elektrischer Ströme und fand heraus, daß Wirbel in einer reibungslosen Flüssigkeit erhalten bleiben. Später, 1868, schickte er du Bois-Reymond eine hydrodynamische Notiz für die Berliner Akademie *Ueber discontinuierliche Flüssigkeitsbewegungen*. In dieser erklärte Helmholtz eine Reihe bisher

unverstandener Erscheinungen an Grenzflächen verschiedener Flüssigkeits- und Gasströme, wie man sie besonders in der Meereskunde und Meteorologie antrifft. Eine weitere hydrodynamische Arbeit reichte Helmholtz selbst 1873 bei der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin unter dem Titel *Ueber ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendungen auf das Problem, Luftballons zu lenken*, ein. In diesem definierte der Autor eine Reihe von Begriffen und Methoden, die heute in der Physik selbstverständlich sind. Dabei beschrieb er insbesondere die Strömung durch normierte Längen-, Zeit-, Druck- und Geschwindigkeitskoordinaten. Dabei sagte er, daß dieses Vorgehen es erlaubt „*Beobachtungsergebnisse, die aus einer Flüssigkeit und an Apparaten von gewisser Größe und Geschwindigkeit gewonnen sind, zu übertragen auf eine geometrisch ähnliche Masse einer anderen Flüssigkeit und Apparate von anderer Größe und Bewegungsgeschwindigkeit*“. Helmholtz verglich die Flugbewegung der Vögel in der Luft mit der Fahrt von Schiffen im Wasser und leitete Aussagen über die Flugfähigkeit des Menschen ab, „*der auch durch den allerschicktesten flügelähnlichen Mechanismus, den er durch seine eigene Muskelkraft zu bewegen hätte, kaum in den Stand gesetzt werden würde, sein eigenes Gewicht in die Höhe zu heben und zu erhalten*“. Gleichzeitig verglich er die mechanische Bewegung und Lenkung von Luftballons mit der von Schiffen (Rechenberg, 1995).

Nach 1888 wandte Helmholtz diese Ergebnisse über Wirbelbewegungen und Diskontinuität sowie über hydrodynamische Ähnlichkeit erfolgreich in mehreren Studien auf atmosphärische Vorgänge und auf das Verhalten von Meereswellen an. Dabei erklärte er mehrere Phänomene wie die Natur der Passatwinde sowie Form

und Energie von Wasserwogen auf hoher See und an Stränden. Der Leipziger Geophysiker Robert Wenger schrieb 1922 über ihn: *„Helmholtz kann zwar nicht ein Wegweiser auf meteorologischem Gebiet genannt werden - denn es fehlen die, die sich den Weg hätten weisen lassen -, wohl aber war er einer der Männer, die bis heute am tiefsten in den Mechanismus der Atmosphäre hineingeblickt haben“* (Rechenberg, 1995).

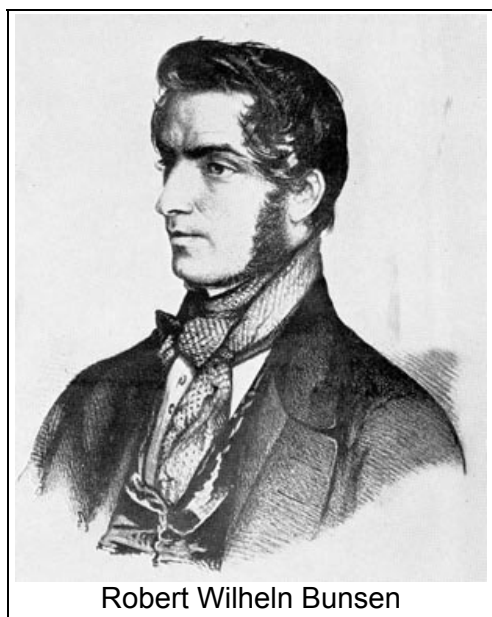
Zur Einführung als Prorektor der Universität Heidelberg im Jahre 1862 sagte Helmholtz in seiner akademischen Festrede *Über das Verhältnis der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaften*:

*„Das Wissen allein ist aber nicht der Zweck des Menschen auf der Erde. Obgleich die Wissenschaften die feinsten Kräfte des menschlichen Geistes erwecken und ausbilden, so wird doch derjenige keine rechte Ausfüllung seines Daseins auf Erden finden, welcher nur studiert um zu wissen...Nur das Handeln gibt dem Manne ein würdiges Dasein; also entweder die praktische Anwendung des Gewußten oder die Vermehrung der Wissenschaft selbst muß das Ziel sein. Denn auch das letztere ist ein Handeln für den Fortschritt der Menschheit“* (Helmholtz, 1862; Kant, 1994).

In Heidelberg beschäftigte sich Helmholtz auch verstärkt mit Grundlagen der Geometrie. Dabei ging er von der Frage aus, wieviel an unserer Weltanschauung aus der Erfahrung stammt und wieviel an ihr jeder Erfahrung vorausgeht. Er kam zu dem Schluß, daß die Euklidischen Axiome nicht wie bei Immanuel Kant allgemeingültig und notwendig sind, sondern einen empirischen Gehalt besitzen. Erst durch die Veröffentlichungen von Helmholtz und dem Mathematiker Bernhard Georg Friedrich Riemann (1826 - 1866) wurde die nichteuklidische Geometrie allgemein zur Kenntnis gebracht und diskutiert. Dies führte unter anderem zu polemischen Auseinandersetzungen gegen Helmholtz, da Riemann schon verstorben war. Der Philosoph und Nationalökonom Eugen Dühring (1833 - 1921) wiederum ging gegen Helmholtz unsachlich und maßlos vor, indem er ihn vor allem beschuldigte, er habe die Priorität und Leistungen Meyers bei der Entdeckung des Energieerhaltungssatzes absichtlich totgeschwiegen. Dühring ging so weit, daß ihm die Berliner Universität 1877 die Lehrbefugnis entzog (Heidelberger, 1997).

In der Anfangszeit in Heidelberg starb Helmholtzs Vater. Die Gesundheit seiner Frau verschlechterte sich so sehr, daß sie am 28. Dezember 1859 starb. So mußte er sich allein um seine zwei kleinen Kinder kümmern. Am 16. Mai 1861 heiratete Helmholtz in zweiter Ehe Anna von Mohl (1834 - 1899), die Tochter des Staatsrechtlers Robert von Mohl, mit welcher er später noch drei Kinder hatte. Durch sie wurde das Helmholtzsche Haus zu einem wissenschaftlichen und künstlerischen Salon. Im Jahre 1862/63 wurde Helmholtz Prorektor der Heidelberger Universität. Er und die Begründer der Spektralanalyse, Robert Wilhelm Bunsen (1811 - 1899) und Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887), waren die Glanzpunkte der Naturwissenschaften jener Zeit an der Universität Heidelberg und zogen viele in- und ausländische Studenten an.

Unter den ausländischen Studenten in Heidelberg waren sehr viele Russen. Besonders Heidelberg in Deutschland, Zürich in der Schweiz und Paris in Frankreich waren Anziehungspunkte und beliebte Studienplätze der Russen im Ausland. In Zürich gab es im Wintersemester 1872/73 63 Studentinnen, davon 53 Russinen; im Sommersemester 1873 114 Studentinnen, davon 77 Russinen (Tuschmann, Hawig, 1993).



Robert Wilhelm Bunsen

In Rußland existierten zu Beginn des 19. Jahrhunderts nur zwei, auch im Ausland, bekannte Institutionen. Diese waren die von Zar Peter I., der Große (1672 - 1725; Zar 1682/89 - 1725) im Jahre 1724/25 gegründete Akademie der Wissenschaften in Sankt Petersburg und die 1755 von Michail Wassiljewitsch Lomonossow (1711 - 1765) gegründete erste russische Universität in Moskau. Diese beiden Städte blieben über viele Jahrzehnte die einzigen Wissenschaftszentren in Rußland. Der Aufstieg Rußlands zu einer europäischen Großmacht begann 1812/13 nach dem Sieg über die Heere von Napoleon I. (1769 - 1821; Kaiser von Frankreich 1804 - 1814/15). Die

Ausbreitung des Reiches ging unaufhörlich weiter, die Zaren herrschten in Polen, Finnland, 1801 kamen der Kaukasus und 1804 Teile Mittelasiens dazu, während es im Innern große wirtschaftliche und politische Probleme gab, Dekabristenaufstand 1825; polnische Aufstände 1830/31; 1862/64, die blutig niedergeschlagen wurden. Der Krimkrieg (1853-1855/56) gegen die Türkei, der mit Unterstützung von Frankreich und England den Russen eine schwere Niederlage beibrachte, zeigte die enorme ökonomische Rückständigkeit des russischen Riesenreiches und führte zu vielen Reformen, die die industrielle, aber auch wissenschaftlich-kulturelle Entwicklung heben sollten. 1861 erfolgte die Aufhebung der Leibeigenschaft (Vogt, 1994).

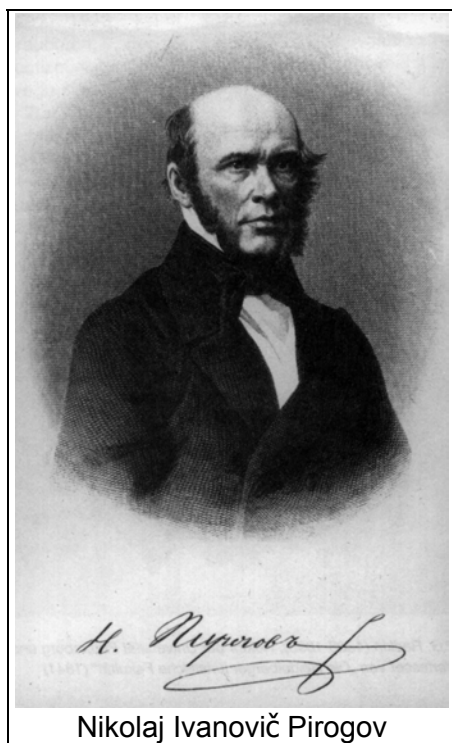
Die Reformen der Wissenschafts- und Technikentwicklung zeigten in Rußland bald positive Folgen. Es wurden neue Universitäten, wissenschaftliche Einrichtungen wie Institute, Observatorien und medizinische Einrichtungen begründet. Man führte das im 18. Jahrhundert schon einmal erfolgreiche Prinzip der Förderung begabter Studenten wieder ein. Junge, talentierte Leute wurden ins Ausland delegiert, um dort weiterbildende Studien durchzuführen, wobei es häufig vorkam, daß man ihnen nach der Rückkehr Lehrstühle und Institute anvertraute, um ihr modernes Wissen und Können an die „Daheimgebliebenen“ weiterzugeben. Dieses erfolgreiche Prinzip wurde aber nicht nur gezielt angewandt, sondern es unterlag oft den Zufällen und Zwängen des Lebens. Trotz aller Anstrengungen und herausragenden Einzelleistungen in Wissenschaft und Kultur blieb Rußland im 19. Jahrhundert ein rückständiges Land, in dem 80% der Bevölkerung Analphabeten waren (Vogt, 1994).

Die Politik in Rußland war im 19. Jahrhundert eine sehr restriktive, anti-semitische Politik. Meist war es Juden verwehrt, russische Universitäten zu besuchen, was dazu führte, daß besonders im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts jüdisch-russische Studenten in Deutschland studierten, um in Rußland dem diskriminierenden „*numerus clausus*“ zu entgehen. Viele dieser Studenten standen den Volkstümlern, den Sozialrevolutionären oder später den Bolschewiki nahe. Besonders in Preußen wurden diese „gefährlichen“ Studenten überwacht. Bei Helmholtz, aber nicht nur bei ihm, studierten im wesentlichen Vertreter dreier Gruppen:

1. Junge Leute, die von Rußland delegiert („abkommandiert“, russ. „*komandirovanye*“) und bereits an russischen Universitäten studiert, dort ihr Magisterexamen bestanden hatten und eine höhere Ausbildung erlangen wollten.

2. Junge Studenten, die frühzeitig erkannten, daß die Koryphäen ihres Spezialgebietes im Ausland wirkten und dort auch ihre Doktorarbeit vorbereiteten oder durchführen sollten.

3. Schließlich die Gruppe jüdischer Studenten, die von vornherein im Ausland studieren mußten. Ihre Aufstiegsmöglichkeiten in Rußland blieben begrenzt, oft errichteten sie private Laboratorien. Bessere Chancen hatten die Mediziner, die häufig eigene Krankenhäuser gründeten. Es bestand aber auch noch in Rußland die Möglichkeit der Taufe, die für sie das „Eintrittsbillet in die bürgerliche Gesellschaft“ bedeutete (Vogt, 1994).



Der Chirurg und Anatom Nikolaj Ivanovič Pirogov (1810 - 1881), der von 1833 bis 1835 in Deutschland studiert hatte, wurde aus St. Peterburg „abkommandiert“, um von 1862 bis 1866 in Heidelberg die russischen Studenten („russischer Zirkel“) zu betreuen. Er war mit der deutschen Wissenschaft außerdem durch seine Tätigkeit als Professor für Chirurgie an der damals deutschsprachigen Universität Dorpat aufs engste vertraut. Pirogov nahm in seiner Eigenschaft als Militärarzt an mehreren Kriegen (Krimkrieg 1853-1856; Deutsch-französischer Krieg 1870; Russisch-türkischer Krieg 1877/78) teil, und gilt als der Begründer der Kriegschirurgie. Das klassische Werk von ihm *Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie nach Reminiscenzen aus den Kriegen in der Krim und im Kaukasus* erschien 1864 zuerst in deutscher

Sprache (Birkenmaier, 1995).

Das russische Ministerium für Volksbildung gab im März 1862 folgende Instruktion: „*Unabhängig von der Zusendung von Studienberichten an das Ministerium wird jeder ins Ausland abgeordnete Student verpflichtet, sich von Zeit zu Zeit bei dem*

*Geheimrat Pirogov zu melden und ihm über seine Arbeit zu berichten. Seine Ratschläge, Hinweise und Empfehlungen sind zu befolgen“.*

Pirogov traf mit seiner zweiten Frau Aleksandra Bistrom und den Söhnen Nikolaj und Vladimir im Juli 1862 in Heidelberg ein. Der Sohn Nikolaj Nikolaevič Pirogov (1843 - 1891), später Physiker, schrieb sich vom Wintersemester 1862 bis Sommersemester 1863 an der Universität Heidelberg ein. Sein Vater traf hier auf die auch im russischen Reich unterschiedlichsten politischen Gruppen. Seit Herbst 1861 waren zahlreiche Studenten dazugekommen, nachdem die Universität in St. Petersburg wegen Unruhen geschlossen worden war. In Heidelberg hatte die „linke“ Gruppe einen eigenen Treffpunkt, der sich zu einer besonderen russischen Bibliothek entwickelte. Einer der 1861 aus St. Petersburg vertriebenen Studenten Jurij Sergeevič Kaškin schrieb dazu 1923:



Aleksandr Iwanowitsch Herzen

*„Sammelpunkt war die Konditorei der Frau Helwerth [Konditorei Adolf Helwerth, Plöck 52; Heidelberger Adreßbuch 1863], bei der wir Russen unsere eigenen zwei Zimmer hatten, die uns als Bibliothek und Leseraum dienten, außerdem aber hauptsächlich Schauplatz jener unendlichen russischen Diskussionen waren, bei denen die Teilnehmer schließlich das ganze Thema vergessen und nur noch die jeweils letzte Replik des Gegners aufgreifen. Unsere Bibliothek bestand natürlich fast ausschließlich aus verbotenen russischen Büchern, aber ebenso aus den neuesten französischen, deutschen und englischen Büchern bzw. Zeitungen und Broschüren mit sozialistischer Ausrichtung. An der ersten Stelle waren „Kolokol“ und Poljarnaja Zvezda“ von Herzen [Aleksandr Iwanowitsch Herzen, Pseudonym Îskander (1812 - 1870); russ. Philosoph und revolutionärer Schriftsteller]. Jedes Wort Herzens wirkte unwiderstehlich auf die damalige Jugend, die alle neuen Ideen mit Bereitwilligkeit aufnahm“ (Birkenmaier, 1995).*

Diese russische Bibliothek wurde nach Pirogovs Tod (1881) aufgrund des förmlichen Beschlusses ihrer Mitglieder „Pirogov-Lesehalle“ genannt. Der Grund ist nicht darin zu sehen, daß Pirogov sie gegründet hatte, sondern daß er verständnisvoll mit den jungen Studenten umging, unabhängig von ihrer politischen Überzeugung. Er verbot den unter seiner Obhut anvertrauten Staatsstipendianten gerade nicht, sich mit den staatsfeindlich gesinnten „freien Studenten“ zu treffen. Er begründete dieses Fehlen von Berührungsangst ausdrücklich dem ihm vorgesetzten Minister:

*„Unter der studierenden Jugend sind viele unzufrieden, da sie nur wegen der Schließung der Universitäten und wegen der damit verbundenen Unruhen ins Ausland gegangen sind. Über die Staatstipendiaten, die meiner Fürsorge anvertraut*



sind, versuche ich im Rahmen des Möglichen durch ruhige Überzeugungsarbeit auf die übrigen Studenten einzuwirken“. Verständnisvoll zeigte er sich auch für spezielle studentische Belange: „Überhaupt bin ich der Meinung, daß man von den im Ausland entsandten Studenten nicht zu viele Rechenschaftsberichte und Artikel verlangen darf. Man muß ihnen mehr Zeit zum Nachdenken lassen, sonst kann man von ihnen nichts Ernsthaftes und Solides erwarten. Wenn man zu viele Berichte verlangt, werden die Tüchtigen aus Angst, sich zu kompromittieren, ganz einfach trockene Aufzählungen von Unterrichtsveranstaltungen verfassen, und die weniger gewissenhaften Studenten werden sich gezwungen sehen, schwungvoll, aber ohne Substanz zu schreiben. Sachliche Semesterberichte wären zuverlässiger und vernünftiger“ (Birkenmaier, 1995).



Sofia Kowalewskaja

Gleichzeitig wollten die Studenten einen gesellschaftlichen Nutzen und Reformen im rückständigen Rußland als ihr eigentliches Ziel sehen. Die spätere Professorin der Mathematik in Stockholm, Sofia Wassiljena Kowalewskaja, geb. Korwin-Krukowskaja (1850 - 1891; schon in frühester Jugend Sonja genannt), eine der interessantesten Frauen ihrer Zeit, gehörte in Heidelberg zu Helmholtzs Studenten. Hier durfte sie, im Gegensatz zum weiteren Studium an der Universität in Berlin die Universität besuchen, Karl Theodor Wilhelm Weierstraß (1815 - 1897) gab ihr in ihrer ärmlichen Kellerwohnung Privatunterricht (Tuschmann, Hawig 1993; Beneke, 1998a).

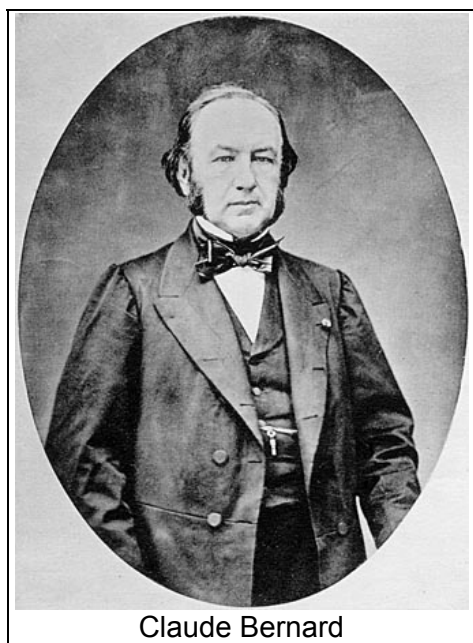
Sie schilderte in ihren *Erinnerungen an meine Kindheit*, wie Helmholtzs Ruhm auch in das entfernte dörfliche Rußland gelangte. Ihr Onkel brachte wissenschaftliche Literatur mit nach Hause, die die Schwestern Anjuta (geb. 1844) und Sonja lasen und später bei Tisch mit großer Begeisterung diskutierten:

„Ich erinnere mich noch, welchen Sturm zwei Aufsätze in der „Revue des deux Mondes“ bei uns entfesselten; der eine behandelte die „Einheit der physikalischen Kräfte“ und berief sich dabei ausführlich auf eine Broschüre von Helmholtz; der andere berichtete von „Claude Bernards Versuchen mit einem herausgeschnittenen Taubengehirn“. Sowohl Helmholtz wie Claude Bernard wären wohl recht erstaunt gewesen, hätten sie erfahren, daß sie mit ihren Schriften sozusagen zum Zankapfel für eine im morastischen Gouvernement Witebsk lebende russische Familie geworden waren“ (Vogt, 1994).

Helmholtz wäre sicher erstaunt gewesen wenn er dieses gelesen hätte, war er doch selbst voller Verachtung auf den französischen Physiologen Claude Bernard (1813 - 1878), wie er an du Bois-Reymond schrieb. Weil die französischen Kollegen

einen „solchen Lump wie Bernard wegen seiner liederlichen Arbeit über den Pankreatischen Saft [Sekret der Bauchspeicheldrüse] bekränzen“, wollte er „diese Bande in ihrer Nichtigkeit ganz...ignorieren...“ (Kaiser, 1994).

Gleichzeitig beschrieb Sofia Kowalewskaja, wie schwierig es war, neue Ideen in die patriarchalische Welt der Grundbesitzer zu bringen:



Claude Bernard

„Die Bewohner von Palibino lebten friedlich und still, wuchsen heran und wurden alt, zankten und versöhnten sich wieder miteinander, debattierten über die eine oder andere wissenschaftliche Entdeckung, waren jedoch völlig überzeugt, daß alle diese Fragen einer fremden, ihnen fernen Welt angehörten. Da plötzlich erschienen die Vorzeichen einer seltsamen Gärung, die allmählich näher und näher rückte. Und die Gefahr schien nicht nur von einer einzigen Seite zu kommen, sondern überall auf einmal aufzutreten. Zu jener Zeit konnte man in fast allen vornehmen Familien dasselbe hören: ‘Die Eltern haben sich mit den Kindern entzweit. Sie stimmen in ihren Überzeugungen nicht mehr überein.’ Nur darum handelte

es sich; aber dieses ‘nur’ genügte vollkommen, um die Kinder zu veranlassen, sich von ihren Eltern zu trennen. Bis jetzt war in unmittelbarer Nähe alles ruhig geblieben, aber aus anderen Orten kamen schon Gerüchte, daß bald dem einen, bald dem anderen Gutsbesitzer die Tochter davongelaufen war, die eine ins Ausland zum Studieren, die andere nach Petersburg zu den „Nihilisten““ (Birkenmaier, 1995).

In dem später geschriebenen Roman *Eine Nihilistin* (1892), hat Sofia Kowalewskaja den Nihilismus (lat.: nihil = nichts) charakterisiert, wobei Nihilismus damals nicht die Verneinung aller Werte, sondern die Bejahung gesellschaftlicher Reformen bedeutete. Nikolaj Aleksandrovič Berdjajev brachte den Paradigmenwechsel zur Naturwissenschaft auf eine prägnante Formel: „In den vierziger Jahren konnte auf Erfolg bei den Frauen nur hoffen, wer Idealist und Romantiker war, in den sechziger Jahren dann nur Materialisten und denkende Realisten“ (Birkenmaier, 1995). Die Frauen waren ein Motor der Bewegung und für die Gleichstellung der Geschlechter und soziale Reformen, aber nicht für Revolutionen; sie waren religiös indifferent, fortschritts- und wissenschaftsgläubig und wollten zu jener höheren Bildung zugelassen werden, die ihnen das russische Schulsystem verweigerte. Man erkannte sie äußerlich durch kurze Haare und fehlenden Schmuck; sie trugen schlichtes Schwarz, Ledergürtel, Krägen, Ärmelaufschläge in Weiß und zum Teil blaugefärbte Augengläser. Sofia Kowalewskaja ging den in nihilistischen Kreisen nicht unbekanntem Weg einer Scheinehe ein, um dem konservativem Vater zu entgehen und sich der Mathematik widmen zu können. Sie heiratete den Juristen und

späteren bekannten Paläontologen Wladimir Onufrijewitsch Kowalewski (1842 - 1883) am 27. September 1868 auf dem Gut ihres Vaters (Tuschmann, Hawig, 1993).

Die Schüler von Helmholtz studierten Chemie, Physiologie, Medizin (insbesondere Ophthalmologie) und Physik. Er hat in diesen verschiedenen Fachgebieten Leute ausgebildet, die in Rußland auf ihren Gebieten zu Begründern wissenschaftlicher Schulen wurden. Die bekanntesten dieser russischen Schüler von Helmholtz waren (Vogt, 1994; Birkenmaier, 1995):

<b>Name</b>	<b>Fachgebiet, Studienort und Zeit bei Helmholtz</b>	<b>Spätere Tätigkeit</b>
Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1834-1907)	Chemie, Heidelberg, 1859-1861	1864 Prof. St. Petersburg, 1876 AdW St. Petersburg
Aleksandr Porfirevič Borodin (1833-1887)	Chemie, Heidelberg, 1859-1862	Ab 1864 Prof. St. Petersburg, Komponist
Vladimir Fedorovič Luginin (1834-1911)	Chemie, Heidelberg, 1860; Berlin 1872/73	1874-1881 eig. Labor, 1889-1905 Univ. Moskau
Ivan Michajlovič Sečenov (1829-1905)	Physiologie, Heidelberg, 1856-1860	Ab 1860 Prof. in Petersburg, Odessa, Moskau
Nikolaj Ignatevič Bakst (1843-1904)	Physiologie, Heidelberg, 1862-1867	Ab 1867 Privatdozent Univ. St. Petersburg
F. P Šeremetevskij	Physiologie, Heidelberg, um 1863	1891 Prof. Univ. Moskau
Kliment Arkadevič Timirjazev (1843-1920)	Physiologie, Heidelberg, 1868-1870	1871-77 Prof. Land- u. Forstakademie St. Petersburg, 1877-1911 Prof. Univ. Moskau
Eduard Andreevič Junge (1833-1898)	Medizin, Heidelberg, 1856-1860	Ophthalmologe, ab 1869 Prof. St. Petersburg
Nikolaj Ivanovič Pirogov (1810-1881)	Medizin, Heidelberg, 1862-1866	Militärchirurg und Anatom,
Ivan Michajlovič Dogel (1830-1916)	Medizin, Heidelberg, 1863-1869	Pharmakologe, ab 1869 Prof. Univ. Kazan
Emilijan Valentionovič Adamjuk (1839-1906)	Medizin, Heidelberg, 1863-1868	Ophthalmologe, 1871-1901 Prof. Univ. Kazan
Leonard Leopoldovič Hiršman (1839-1921)	Medizin, Heidelberg, 1864-1868	Ophthalmologe, 1884 Prof. Univ. Char'kov
Sergej Ivanovič Lamanski (geb. 1841)	Medizin, Heidelberg, 1864-1872	Ab 1881 Prof. Observatorium St. Petersburg
Aleksandr Grigorévič Stoletov (1839-1896)	Physik, Heidelberg, 1862-1866	Ab 1873 Prof. Physikal. Inst. Univ. Moskau

Michail Petrovič Avenarius (1835-1895)	Physik, Heidelberg, 1864	1876 Prof. St. Petersburg, Prof. Univ. Kiev
Robert Andreevič Kolli (1845-1891)	Physik, Berlin, 1881/1882	Univ. Moskau und Kazan
Nikolaj Nikolaevič Šiller (1842-1910)	Physik, Berlin, 1872-1874	1876 Prof. Univ. Kiev, ab 1903 Dir. Char'kow
Petr Alekseevič Zilov (1850-1921)	Physik, Berlin, 1871- 1875/77	Ab 1884 Univ. Warszawa
Aleksej Petrovič Sokolov (1854-1928)	Physik, Berlin, vor 1882	Ab 1884 Prof. Univ. Moskau, Physikal. Inst.
Nikolaj Aleksandrovič Hezehus (1845-1918)	Physik, Berlin, 1871-1872	1889-1918 Prof. Technol. Inst. St. Petersburg
Vladimir Aleksandrovič Michelson (1860-1927)	Physik, Berlin, 1883-1884	1884 Inst. F. Landwirt- schaft Moskau
Petr Nikolaevič Lebedev (1866-1912)	Physik, Berlin, 1889-1890	1900 Prof. Univ. Moskau, 1911 Rücktritt aus Protest
Marija Alek. Vilinskaja- Markovič (1834-1907)	Schriftstellerin, Heidel- berg, 1859-1867	
Sofja Vasilevna Kova- levskaja (1850-1891)	Mathematik, Heidelberg, 1869	1884 Prof. Mathematik Univ. Stockholm



Ivan Michailovič Sečenov

Der russische Physiologe Ivan Michailovič Sečenov (1829 - 1905) schrieb über Helmholtz:

*„Was kann ich über diesen außergewöhnlichen Menschen sagen? Wegen meiner armseligen Ausbildung konnte ich ihm nicht näher kommen, so daß ich ihn sozusagen nur von weitem sah und zudem in seiner Anwesenheit niemals gelassen blieb, was wiederum ihn in Verlegenheit brachte. Von seiner ruhigen Erscheinung, seinen nachdenklichen Augen ging ein gewisser Friede aus, als ob er nicht Teil dieser Welt wäre. Es mag vielleicht merkwürdig erscheinen, aber es ist die reine Wahrheit: Er machte auf mich einen ähnlich großen Eindruck, wie ihn die Sixtinische Madonna in Dresden auf mich gemacht hat, als ich sie zum ersten Mal*

*sah, um so mehr als seine Augen dem Ausdruck nach tatsächlich den Augen jener Madonna glichen. Wahrscheinlich hinterließ er einen ebensolchen Eindruck, selbst wenn man ihn näher kannte. Sehr viel später, als er schon in Berlin war und dem*

*Vernehmen nach oft bei Wilhelm I. zu Gast war, fragte ich Ludwig [Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816 - 1895), Physiologe; Sečenov hatte bei ihm in Wien studiert (Beneke, 1998b)], als ich auf der Durchreise in Leipzig Station machte, was einen militärischen Menschen wie Wilhelm I. an Helmholtz interessieren könne. Darauf antwortete Ludwig in einer besonders sanften Stimme: 'Es ist doch ein Genuß, ein so ruhiges Denken zu hören, wie das seinige ist'. In Deutschland galt er als Nationalheiligtum“ (Hoffmann,1993).*

Sečenov schrieb in seinen autobiographischen Bemerkungen über seine von 1856 bis 1860 in Heidelberger verbrachten Zeit:

*„Er [Helmholtz] las die öffentlichen Vorlesungen vor den Medizinstudenten, die ich hörte, nicht schön, er las elementar, ohne jegliche Mathematik. Wahrscheinlich langweilten sie ihn, denn als ich einmal an einer Abendveranstaltung der Heidelberger Wissenschaftlichen Gesellschaft teilnehmen konnte, auf der er über den Schall referierte, las er direkt fröhlich, wählte das Schicksal des anwesenden tauben Bunsen zur Demonstration seines Gerätes, was dieser mit einem guten Lächeln geschehen ließ.*



Wilhelm Wundt

*Im Laboratorium (es war nicht groß, es hatte ein Einzelzimmer für den Professor, aber kein eigenes Zimmer für seinen damaligen Assistenten Wundt) arbeiteten 4 Personen: 2 Ophthalmologen - Junge (mein Kamerad) und Knap(p) - , ein Deutscher mit sehr schrägstehenden Augen dessen Name ich vergessen habe (und der sich mehrere Monate mit dem Myograph Helmholtz' abplagte), und ich. Wundt [Willhelm Wundt 1832 - 1920; Physiologe, Psychologe] saß faktisch das ganze Jahr über in seiner Ecke über irgendwelchen Büchern, ohne irgend jemanden Aufmerksamkeit zu schenken, und sprach mit Niemandem auch nur ein Wort. Ich hörte kein*

*einziges Mal seine Stimme. Helmholtz sahen wir vorbeihuschen. Täglich kam er einmal ins Arbeitszimmer, besuchte alle Arbeitenden, fragte jeden, was es gegeben hatte und gab Hilfestellung, wenn es notwendig war“ (Vogt, 1994).*

Der Physiologe Kliment Arkadevič Timirjazev (1843 - 1920) beschrieb 1909 seine Zeit von 1868 bis 1870 in Heidelberg:

*„Ich sehe sie noch vor mir, die berühmte Heidelberger Universität in jener glänzenden Epoche, als Bunsen, Kirchhoff, Helmholtz und der einer breiten Öffentlichkeit weniger bekannte Hofmeister [Wilhelm Friedrich Benedikt Hofmeister (1824 - 1877) Botaniker; 1863 nach Heidelberg berufen, ging 1872 an die Universität Tübingen] an ihr lehrten, deren Ruhm fortgesetzt wuchs. Die Vertreter der Badener Regierung schockierte nicht die Kosten, die für jene Zeit noch nicht dagewesen waren, die aber*

jetzt mit einem nachsichtigen Lächeln aufgenommen werden mußten. Mit dem heutigen Blick gesehen, zählte Bunsens Laboratorium in jenen Jahren zu den besten in Deutschland, aber es war nicht vergleichbar mit den Laboratorien von Kirchhoff und Helmholtz (damals noch für Physiologie), letzteres in einem zweistöckigen Gebäude mit großen Fensterfassaden, das unter dem Namen „Natur-Palast“ bekannt war“ (Vogt, 1994).



Gustav Robert Kirchhoff

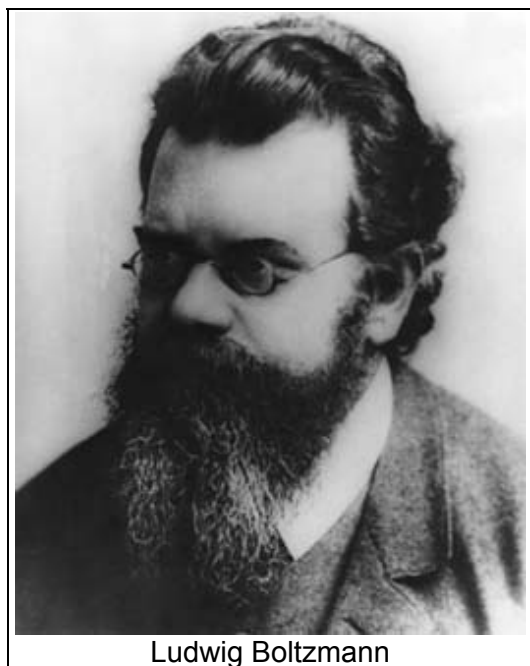
Im Vergleich zu dem erhabenen Helmholtz beschrieb Sečenov Bunsen eher humoristisch:

„Er war ein brillanter Redner und hatte die durch nichts zu unterdrückende Angewohnheit, während der Vorlesungen an den stark duftenden Stoffen zu schnüffeln, so schädlich und scheußlich sie auch waren. Es hieß, daß er sich einmal beinahe ohnmächtig geschüffelt habe. Seine Schwäche für explosive Stoffe hatte er vor langem schon mit einem Auge bezahlen müssen. Dennoch führte er während seiner Vorlesungen bei jeder günstigen Gelegenheit Versuche mit Explosionen durch. (...) Da er sehr vergeßlich war, erschien er zu den Vorlesungen häufig mit einer umgestülpten Ohrmuschel - eine Angewohnheit aus der Schulzeit,

die er bis ins hohe Alter beibehalten hatte. Wenn die Ohrmuschel im Verlauf der Vorlesung durch eine Handbewegung des Professors in ihre normale Stellung gebracht wurde, bedeutete dies, daß die Gedächtnisstütze ihren Zweck erfüllt hatte und der betreffende Punkt nicht vergessen war. Wenn das Ohr jedoch, wie das nicht selten der Fall war, bis zum Ende der Vorlesung umgestülpt blieb, zerstreute sich die junge Hörerschaft fröhlich darüber plaudernd, ob der vorgemerkte Punkt vergessen worden war oder aber das Ohr. Bunsen war der Liebling aller, man nannte ihn nicht anders als „Papa Bunsen“, obwohl er noch kein alter Mann war“ (Hoffmann, 1993).

Die theoretische Physik trat zunehmend in den Mittelpunkt von Helmholtz's Interesse. Besonders faszinierte ihn dabei die kritische Auseinandersetzung der konkurrierenden Theorien der elektrodynamischen Phänomene von Wilhelm Eduard Weber (1804 - 1891), Franz Ernst Neumann, mit dem sich Helmholtz in Königsberg nicht verstand, und James Clerk Maxwell. Das Problem der Akzentverschiebung der Forschungsinteressen Helmholtz schien 1868 nach dem Tode des Physikers Julius Plücker (1801 - 1868), nun als Physiker nach Bonn zurückzukehren greifbar nahe. Die Berufungsverhandlungen waren erneut unerfreulich, freilich auch deshalb, weil Helmholtz seine kaufmännischen Talente immer besser entfaltete. So schrieb er seinem Bonner Freund, dem Mathematiker Rudolph Lipschitz (1832 - 1903), daß es ihm angesichts seiner „4 ½ Kinder“ schwer falle, „sich von der gut nährenden Milchkuh der medicinischen Fakultät zu trennen, wenn man einmal an ihren Brüsten“

liege, „und zu der keuschen Muse der philosophischen Facultät sich hinzuwenden“. Zwei Jahre später war Helmholtz ihr doch erlegen und wurde Nachfolger von Gustav Magnus auf den Lehrstuhl für Physik an der Berliner Universität. Der Wunschkandidat der Berliner Philosophischen Fakultät war eigentlich der Heidelberger Kollege Gustav Kirchhoff als der „geschultere Physiker und bewährter Lehrer“. Kirchhoff konnte sich noch nicht entscheiden, nach Berlin zu gehen, was er 1874, wiederum nach einigem Zögern tat, erhielt er doch einen Ruf für einen neu zu gründenden Lehrstuhl für mathematische Physik an der Universität Berlin. Helmholtz als der zweitplatzierte auf der Berufungsliste ging als der „genialere umfassendere Forscher“ nach Berlin. Nicht unerheblich war bei den Berufungsverhandlungen dabei, daß sein alter Freund Emil du Bois-Reymond als Rektor die Verhandlungen führte. Sein erstes Königsberger Professorengehalt wurde verfünffacht (4 000 Mark im Jahr). Außerdem wurden ihm ein neues Physikalisches Institut und eine Dienstwohnung zugesagt. Helmholtz sagt zu. „So geschah das Unerhörte, dass ein Mediciner und Professor der Physiologie den vornehmsten physikalischen Lehrstuhl in Deutschland erhielt“, wie es du Bois-Reymond ausdrückte (Kaiser, 1994).



Ludwig Boltzmann

Die Nachwehen des deutsch-französischen Krieges 1870/71 ließen die Durchführung des Neubaus nicht sogleich zu. An den Entwürfen arbeiteten Helmholtz und du Bois-Reymond zwei Jahre. 1873 wurde mit dem Bau begonnen, die Bauzeit wurde auf fünf Jahre veranschlagt, der Preis auf eine Million Mark berechnet. In diesem Jahr erhielt Helmholtz den Orden Pour le mérite. Im großen Hörsaal fanden 300 Leute Platz. Für Helmholtz und seine Familie wurde im Ostflügel des Instituts eine „luxuriöse“ Dienstwohnung eingerichtet, wo er mit seiner Gattin einen großzügigen gepflegten gesellschaftlichen Verkehr ausüben konnte. Das neue Physikalische Institut wurde im Frühjahr 1878

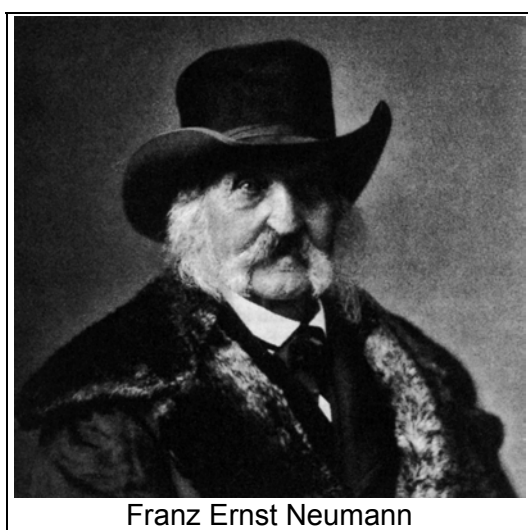
bezogen. Berlin hatte damit das größte und modernste Physikalische Institut. Gleichzeitig fanden die Sitzungen der Physikalischen Gesellschaft künftig im großen Hörsaal statt. Der Etat des Instituts wurde beim Bezug festgelegt. Außer einer Stelle für einen Extraordinarius, für den jährlich 6 000 Mark zur Verfügung gestellt wurden, erhielt Helmholtz 27 330 Mark (Büche, 1961).

Die Grundfragen der Elektrodynamik mit denen sich Helmholtz zu Ende seiner Heidelberger Zeit beschäftigte, wurden durch ein physiologisches Problem ausgelöst. Er wollte die geringe Wirksamkeit, welche elektrische Induktionsschläge auf tiefer gelegene Nerven im menschlichen Körper ausüben, verstehen. Der Grund dafür

war die schnelle Abnahme der Stärke der Schläge mit dem Abstand vom Elektrodenpaar. Darauf begann er die physiologische Wirkung noch schnellerer Oszillationen zu untersuchen. Helmholtz wollte die einander widersprüchlichen elektrodynamischen Theorien auf ihre mathematische und physikalische Stimmigkeit testen und durch Zusatzexperimente Beweise schaffen, die zugunsten der einen oder anderen Theorie entschieden. Webers „allgemeines Grundgesetz der elektrischen Wirkung“ ging von einem bestimmten Wechselwirkungsansatz für bewegte Ladungen aus. Neumann wiederum schlug ein allgemeines „Potentialgesetz“ für die elektromagnetischen Kräfte in Systemen von Stromleitern vor, wobei beide Theorien auf eine „Fernwirkung“ der elektromagnetischen Kräfte beruhte. Michael Faraday hatte dagegen eine konsequente „Nahewirkungsvorstellung“ von elektrischen und magnetischen Feldlinien entgegengesetzt, welche Maxwell dann als „elektromagnetische Feldtheorie“ formulierte.

#### Aufteilung des Etats des Physikalischen Instituts der Universität Berlin (1878)

1. Assistent, jährl.	1 500 Mk	Instrumente u. Reparaturen	2 000 Mk
2. Assistent, jährl.	1 350 Mk	Labormaterial	4 500 Mk
3. Assistent, jährl.	1 200 Mk	Heizung	4 000 Mk
Diener, jährl.	1 020 Mk	Gas u. Wasser	5 530 Mk
Mechaniker, jährl.	1 200 Mk	Werkstatt	300 Mk
Weitere Hilfskräfte, jährlich	1 680 Mk	Sonstiges (Reinigung, Garten usw.)	3 050 MK



Franz Ernst Neumann

Helmholtz erkannte, daß die Vorhersagen der drei Theorien für Wirkungen in geschlossenen Leiterkreisen übereinstimmten, während sich in offenen Kreisen Unterschiede ergaben. Er leitete das allgemeine Induktionsgesetz für offene Kreise ab. Es ließ sich auch der Unterschied der Fortpflanzung von elektrischen Bewegungen in transversalen und longitudinalen Wellen ausdrücken, wobei im Maxwellschen Fall keine longitudinalen Wellen mit endlicher Geschwindigkeit vorkamen. Helmholtz bemerkte bei Webers Theorie die

Schwierigkeit, daß geladene Teilchen mit endlichem Abstand unendlich große kinetische Energie aufnehmen. Deswegen schloß er die Webersche Theorie unter dem Protest von Weber und dessen Anhänger wie Rudolf Clausius aus.



Helmholtz und seine Gäste machten in den nächsten Jahren in Berlin Versuche, um die Frage nach der richtigen Elektrodynamik zu klären. Ludwig Boltzmann (1844 - 1906) fand 1871/72 bei der Bestimmung von Elektrizitätskonstanten von verschiedenen Isolatoren, daß die aus der Maxwellschen Theorie abgeleitete Beziehung zwischen dieser Größe und dem Brechungsindex von Lichtwellen - Maxwell betrachtete sie als elektromagnetische Oszillationen - erfüllt war. Helmholtz selbst fand 1875 bei einem Induktionsexperiment mit teilweise offenen Stromkreisen kein eindeutiges Ergebnis. Der amerikanische Physiker Henry Augustus Rowland (1848 - 1901) konnte nachweisen, daß die auf einer Isolatorscheibe von Kondensatorplatten induzierten Ladungen bei der Drehung ein Magnetfeld erzeugen, genau wie die Ströme in elektrischen Leitern. Trotz dieses schönen Resultats - Maxwell feierte es als Triumph seiner Theorie - ließ sich das Ergebnis eigentlich mit allen drei elektrodynamischen Theorien vereinbaren.



Helmholtz wurde auf die außergewöhnliche Begabung von Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894), der Physik und Mathematik in München und Berlin studierte, aufmerksam. Er hatte 1879 den experimentellen Nachweis des Maxwell'schen „Verschiebungsstroms“ zum Gegenstand einer Preisaufgabe der Berliner Akademie veranlaßt und wies Hertz darauf hin. Dieser sah sich damals außerstande, diese Aufgabe mit den gegebenen Mitteln in absehbarer Zeit zu lösen. Nachdem Hertz 1880 promoviert und zweieinhalb Jahre als Assistent bei Helmholtz gewirkt hatte, ging er 1883 als Privatdozent nach Kiel und habilitierte sich dort. 1886 wurde er an das Karlsruher Polytechnikum berufen. Hier gelang Hertz 1887 zur großen Freude seines Berliner Lehrers das vorgeschlagene Experiment durchzuführen, wobei sich die Waage zur Maxwell'schen Theorie neigte, von der Helmholtz inzwischen ohnedies überzeugt war. Hertz entdeckte die elektromagnetischen Wellen, die sich mit endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Weitere experimentelle und theoretische Studien zeigten, daß der Helmholtz'sche Parameter wirklich den Wert Null besaß, der nur auf die Maxwell'sche Theorie zutraf. Helmholtz würdigte Hertz, der inzwischen an der Universität Bonn lehrte und 37jährig einer Sepsis, hervorgerufen durch Eiterungen im Kiefer- und Nasenraum, erlag *„als denjenigen, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte“* (Turner, 1972; Rechenberg, 1995; Heidelberger, 1997).

Der russische Physiker Petr Alekseevič Zilov (1850-1921) erinnerte sich 1911 an seine 1871 bis 1875/77 in Berlin verbrachte Zeit in Berlin:

*„In den ersten Jahren der Tätigkeit von Helmholtz in Berlin war sein Laboratorium in der Universität untergebracht. An den Türen des Laboratoriums stand deutlich „Physikalisches Institut“, aber mit diesem gewaltigen Namen verband man*

*noch nicht jene Vorstellung, die wir heute [1911] davon haben. Der allgemeine Charakter des Laboratoriums war dunkel, ärmlich, und es fehlten viele notwendige Apparaturen. Das Laboratorium besaß 4 bis 5 Zimmer (jedes mit einem Fenster) im linken Flügel des Hauptgebäudes der Universität, vor dem jetzt die Marmorstatue des berühmten Gelehrten steht. In jedem der Zimmer arbeiteten 3 bis 4 Leute (insgesamt gab es nur 14 Praktikanten), die sich bei dieser Enge ständig gegenseitig störten. Das Universitätsgebäude selbst erzitterte vom Fahren der Equipagen, und täglich um 12.00 Uhr, wenn die Militärkolonne zum Schloß zog und Salut schoß, erzitterten die Geräte, und die Galvanometer und Elektrometer fingen zu springen an, so daß wir unsere Arbeiten unterbrechen und auf das Ende des Schießens warten mußten“ (Vogt, 1994).*

Der russische Physiker Robert Andreevič Kolli (1845 - 1891), der das Wintersemester 1881/1882 bei Helmholtz in Berlin verbrachte und schon im neuen Physikalischen Institut arbeitete, schrieb dazu:

*„Die experimentelle Arbeit stand im Zusammenhang mit den Forschungen zum Energieerhaltungssatz. Lebhaft erinnere ich mich an die Besuche des bedeutenden Gelehrten. Es ist wahr, nicht immer war er in Stimmung, wie man zu sagen pflegt. Aber wenn er es war, interessierte ihn dieses oder jenes Stadium im Verlauf der Untersuchung, er gab Beispiele, wie man sich dem Thema nähern könnte, verwies auf Analogien und Beziehungen der gegenwärtigen Frage mit anderen, manchmal aus völlig fernliegenden Gebieten, und du weißt nicht, wohin das führen wird - ob zu einer Erweiterung des Wissens oder zu einer Vertiefung und größeren Originalität der Idee. So hinterließ jeder dieser Besuche im Kopf der Beteiligten den Eindruck, daß ein Masse neuer Fragen aufgetaucht waren, neue Themen für interessante experimentelle und theoretische Arbeiten. So ist es nicht rätselhaft, daß in dem allgemeinen physikalischen Institut viele dutzende Arbeitende versammelt waren, und für jeden gab es eine interessante und geeignete Arbeit. Die Physiker kamen aus allen Ecken der Welt und versammelten sich im Institut an der Neuen Wilhelmstraße“ (Vogt, 1994).*

Zilov, der 1889 Berlin wieder besuchte, bewunderte den Neubau des Physikalischen Instituts (1876 eröffnet):

*„Das physikalische Laboratorium der Berliner Universität befindet sich seit 1877 in einem eigens dafür errichteten Gebäude, das 4 Etagen mit 70 Zimmern und allen notwendigen Apparaturen besitzt. Es gibt hier 2 Hörsäle (einen großen und einen kleinen), einige Säle für Übungen mit Anfänger-Studenten und 24 Zimmer für Studenten, die selbständige Arbeiten ausführen, außerdem einen Raum für Gewichte, einige Räume für optische Untersuchungen, Zimmer für Magnet-Arbeiten, die Bibliothek, Räumlichkeiten, in denen die „Fortschritte der Physik“ vorbereitet werden, und schließlich noch die Wohnungen für den Direktor, die Assistenten und Gäste. Das Gebäude ist innen und außen sehr schön hergerichtet und befindet sich natürlich in einer mustergültigen Ordnung...Die einzelnen Zimmer für die Studenten sind nicht*

*groß, aber mit allem Notwendigen (Gas, Wasser, Abwasser usw.) ausgestattet, in jedem gibt es steinerne Konsolen für die Instrumente. Hier arbeitete Helmholtz bis 1888“ (Vogt, 1994).*

Sečenov hatte in seinen autobiographischen Bemerkungen über die öffentlichen Vorlesungen von Helmholtz wenig Gutes zu berichten, während er ihm der Vortrag in der Wissenschaftlichen Gesellschaft gefiel. Ganz vernichtend fiel das Urteil aus, das ein ungenannter Autor im Rahmen der 1870 erfolgten Berufungsverhandlungen über Helmholtz in der Nationalzeitung schrieb:

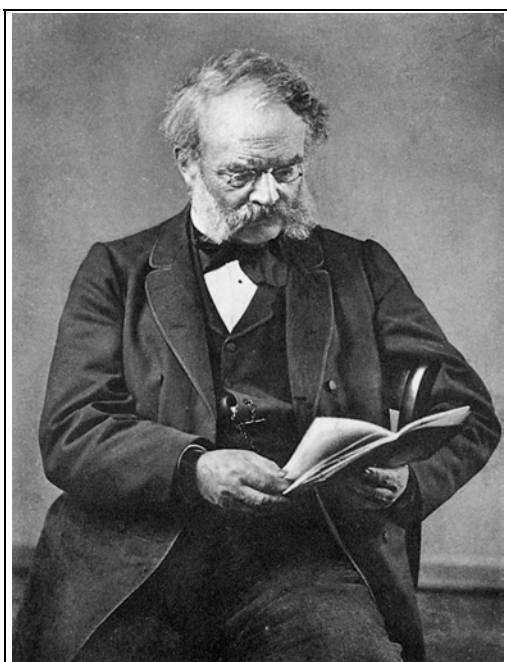
*„Helmholtz besitzt nicht, was man einen glänzenden Vortrag nennt, und [wir glauben], daß er in dieser Beziehung, sowie in der Kunst, die Mittelmäßigkeit anzuregen, von Vielen übertroffen wird...Es gibt für Helmholtz in Preußen nur eine einzige Stelle, die eines Mitgliedes und Pensionärs der Akademie“ (Kant, 1994).*

Helmholtz war immer bestrebt die Popularisierung der Wissenschaft zu betreiben, wiederum sah er es nicht als seine Aufgabe an, populärwissenschaftliche Vorträge zu halten. Seine Vorträge waren nicht für oberflächlich gebildete Leute gedacht, die lediglich Erbauung suchten. Helmholtz hatte bei der Popularisierung einen relativ engen Kreis des Bilderbürgertums im Blick, der selten darüber hinausging. Als wesentlich sah er es an, die populäre Darstellung in der Wissenschaftlergemeinschaft selbst, um die Erkenntnisse der einzelnen Disziplinen in allgemeinwissenschaftlichem Verständnis untereinander näher zu bringen. In der Lehre hielt er in Heidelberg ab 1862 einen Vorlesungszyklus *Allgemeine Resultate der Naturwissenschaften, dargestellt für Studierende aller Fakultäten*. Er schrieb 1864 nach seiner Rückkehr aus England an seinen Freund du Bois-Reymond:

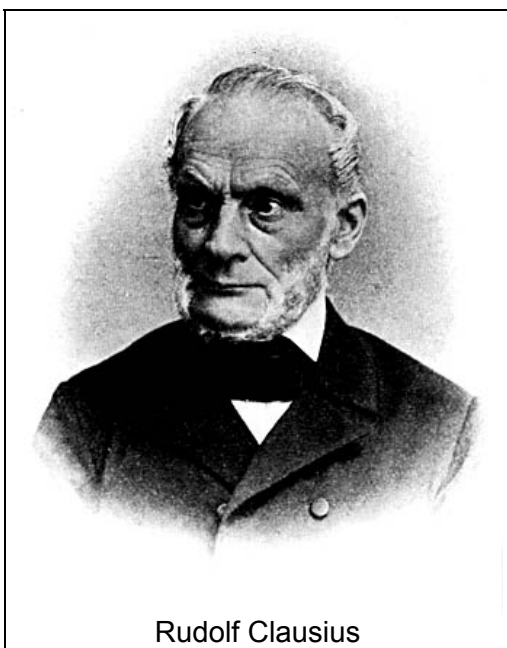
*„Was die populären Vorträge in der Royal Institution betrifft, so muß ich Dir aber in der Tat recht geben, daß man sich immer mehr wird besinnen müssen, ehe man dergleichen wieder übernimmt. Ich habe durchaus keine Ursache, mit dem äußeren Erfolg der meinigen unzufrieden zu sein, da ich fortlaufend ein Publikum von 300 Leuten und darunter eine Menge wissenschaftlich gebildeter Männer hatte. Aber die Konkurrenz der populären Vorlesungen in London ist so groß, daß sie im Begriff sind, in die allergemeinste Effekthascherei herabzusinken. Die englischen Physiker beschuldigen namentlich Tyndall [John Tyndall (1820 - 1893) (Beneke, 1997)], daß er in dieser Beziehung den schlechten Neigungen des Publikums zu viel nachgibt, und die R[oyal] Institution auf das schlechte Niveau der Polytechnic[al] Inst[itution] bringe,...“.*

Bei anderer Gelegenheit schrieb er du Bois-Reymond:

*„...Es ist unmöglich bei solchen Gelegenheiten, es allen recht zu machen, jedenfalls aber wohl dankbarer, es den Zuhörern nicht zu leicht zu machen und für den großen Haufen einige Rätsel stehen lassen, deren Verständnis vielleicht nur einer kleinen Zahl der Zuhörerschaft aufgeht. Für jene anderen ist es im Grunde immer besser, ihre Verwunderung als ihr Verständnis anzuregen“ (Kant, 1994).*



Werner von Siemens (ca. 1880)



Rudolf Clausius

Werner von Siemens sah Ende der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts, daß die elektrische Industrie einen Stand erreicht hatte, der der Gründung einer eigenen Gesellschaft mit ihren fachlichen Belangen als sinnvoll erscheinen ließ. Er schrieb am 5. Februar 1879 an den damaligen Generalpostmeister Heinrich von Stephan ( 1831 - 1897): „*Ew. Exzellenz wolle das Protektorat über einen das ganze Gebiet der Elektrotechnik umfassenden deutschen Verein übernehmen*“. Dabei prägte Siemens erstmalig das Wort „Elektrotechnik“ für den neuen sich herausbildenden Bereich der Wissenschaft und Technik. Dabei wurde von vornherein die technische Anwendung der Elektrizität im Zusammenwirken von Wissenschaft, Gewerbe (Industrie) und staatlicher Verwaltung erkannt. Der Berliner Technische Verein (BTV) hatte in einer ersten allgemeinen Versammlung Ende Januar 1880 bereits 406 beständige Mitglieder, davon 119 aus Berlin. Ende des Jahres waren es bereits 1 504 Mitglieder, davon 328 aus Berlin; diese Mitgliederzahl hielt sich bis in die 90er Jahre. Siemens wurde der erste Vorsitzende, Stephan Ehrenpräsident. Neben Helmholtz waren Mitglieder, die Physiker C. Paalzow, TH Charlottenburg; Adolf Slaby (1849 - 1913), TH Charlottenburg; Gustav Robert Kirchhoff, Univ. Berlin; Rudolf Clausius, Univ. Bonn; Friedrich W. G. Kohlrausch (1840 - 1910), Univ. Würzburg; Carl V.

E. Riecke (1845 - 1915), Univ. Göttingen; August Toepler (1836 - 1912), TH Dresden; Emil Warburg (1846 - 1931), Univ. Freiburg und Gustav H. Wiedemann (1826 - 1899) Univ. Leipzig. Im ETV trat Helmholtz mit nur einem Vortrag am 22. November 1881 auf (Helmholtz, 1881; Kant, 1994).

Der 1888 gegründeten Berliner Gesellschaft „Urania“ stand Helmholtz positiv gegenüber, obwohl er keinen Beitrag für die von ihr herausgegebene populärwissenschaftliche Zeitschrift verfaßt hat. Helmholtz ging die schriftliche Ausarbeitung nicht leicht von der Hand, und sie mußte mehrfach umgearbeitet werden. Er schrieb dazu: „*Die schriftliche Ausarbeitung...ist ja meist ein mühsames Werk; mir war sie es*

wenigstens im hohen Grade. Ich habe viele Teile meiner Abhandlungen vier bis sechsmal umgeschrieben“.

Die meisten der deutschen Hochschullehrer hielten zudem nicht allzuviel von Popularisierungsbemühungen. Wilhelm Meyer (1853 - 1910), Astronom und Mitbegründer der „Urania“ schrieb dazu: „...Nur die gestrengen Herren Gelehrten kamen nicht [um Vorträge zu halten], mit Ausnahme einiger universeller Köpfe wie Helmholtz und du Bois-Reymond. Der praktische Siemens gehörte natürlich zu unseren hervorragendsten Aktionären...“ (Kant, 1994).

Wahrscheinlich hat Helmholtz seine Vortragschwäche selbst gesehen. Im Zusammenhang einer Einladung im Jahre 1873 in die USA, die er ablehnte, schrieb er: „Und was meine Vorlesungen betrifft, so habe ich mich doch überzeugt, daß ich wohl sachverständigen Leuten wissenschaftliche Dinge in trockener sachlicher Weise auseinandersetzen kann, aber ich habe nicht Herrschaft genug über die Sprache, um dasselbe so zu tun, daß ich ein größeres Auditorium von nicht fachmäßig Gebildeten fesseln könnte“. Dazu machte er noch aufmerksam, wieviel schwerer ihm dies in einer fremden Sprache fiel.

Helmholtzs Veröffentlichungsverzeichnis umfaßt rund 220 Titel. Davon liegt die Anzahl der populärwissenschaftlichen Arbeiten je nach Ansicht zwischen 25 und 35, wobei er diese meistens mehrfach vorgetragen hat. Um das neueste Wissen populär zu vermitteln, „testete“ er seine Vorträge vorher in der Familie. Helmholtzs Schwägerin berichtete: „Seine Frau [Olga (von Velten)] wurde ihm in der That alles was er von ihr erhofft und vorausgesetzt hatte. Sein treusorgendes Weib und seine ebenbürtige Gefährtin. Sie arbeitete und schrieb für ihn - er las ihr seine Vorträge, die für die Oeffentlichkeit bestimmt waren, ehe er sie hielt, um an ihrem Verständnis das allgemeine gebildeter Menschen zu messen“ (Kant, 1994).

Helmholtzs zweite Frau Anna schrieb am 1. Januar 1867 an ihren Onkel Julius:

„Diese Stille hat mir Muße gegeben, in Gemeinschaft mit Professor Wiedemann [Gustav Heinrich Wiedemann (1826 - 1899); ab 1877 Herausgeber der „Annalen der Physik und Chemie“], den Physiker am Karlsruher Polytechnikum, oder vielmehr seiner Frau, Tyndalls Buch „Heat considered as a mode of motion“ zu übersetzen. Natürlich trage ich mein Opus immer meinem Manne vor, der die letzte Hand anlegt. Nun wird bereits lustig daran gedruckt, was umso befriedigender für unser Übersetzergewissen ist, als eine Übersetzung desselben Buches im Auftrage vom Autor und Verleger gemacht worden war, und zwar von einem Physiker vom Fach, wegen gänzlicher Unbrauchbarkeit aber wieder eingestampft wurde. Ohne die Aufsicht meines Mannes hätte ich es natürlich nicht machen können, denn der Gegenstand ist mir nicht aller Orten verständlich; es fehlt mir dazu bis zu den Elementarbegriffen dieser Dinge. So aber war es eine sehr nützliche und lehrreiche Arbeit, die mir nach überstandener Anstrengung auch viele Freude macht. Auch unsere Tochter Käthe hat daran gearbeitet und der Fratello Ottmar, dem der Gegenstand zwar äußerst lang-

*weilig war, half uns mit schwungvollen Worten von der Stelle, so daß das Ganze den Charakter eines Familienstrickstrumpfes annahm“ (Tyndall, 1867; Kant, 1994).*



Anna Helmholtz (1895)

Interessant an dieser Aussage ist, daß die Frauen zweier deutscher Professoren das Buch von Tyndall in die deutsche Sprache übersetzten. Nimmt man das Buch zur Hand, liest man *„Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. Autorisierte deutsche Ausgabe herausgegeben durch H. Helmholtz und G. H. Wiedemann“*. Die Frauen sind im Titel nicht erwähnt. Dagegen trägt das 1874 ebenfalls von John Tyndall geschriebene Werk den Titel *„Fragmente aus den Naturwissenschaften. Vorlesungen und Aufsätze von John Tyndall. Mit Vorwort und Zusätzen von Hermann Helmholtz. Autorisierte deutsche Ausgabe übersetzt von Anna Helmholtz“*. Hier kam Anna Helmholtz als Übersetzerin zu ihren Ehren.

Nach dem Tode von Helmholtz schrieben einige Zeitgenossen über seinen Vortragsstil. Der Physiologe Theodor Wilhelm Engelmann (1843 - 1909) sagte dazu in der Gedächtnisrede auf Helmholtz an der Universität Utrecht:

*„Damit hingen auch die Eigenthümlichkeiten zusammen, welche ihn als Lehrer, im Colleg, kennzeichneten. Da er die Form des Vortrags nie im Einzelnen ausgearbeitet hatte, sondern immer frei producierte, sprach er langsam, abgemessen, gelegentlich ein wenig stockend. Seine Augen waren dabei über die Zuhörer hinweg gerichtet, wie in unendlicher Ferne die Lösung eines Problems suchend. Kein lebendiger Rapport bestand zwischen ihm und dem einzelnen Zuhörer. Er sprach wie zu einem abstracten Auditorium, durchaus unpersönlich...Nur die Sache sollte wirken...Wenn man ihm vorgeworfen hat, dass er zu hoch gewesen und darum immer nur von einer kleinen Zahl verstanden worden sei, so muss ich dies bestimmt bestreiten...“*.

Wilhelm Ostwald (1852 - 1932) schrieb 1919 zu dem Vortragsstil von Helmholtz:

*„Ich hörte Helmholtz einige Male in der gewöhnlichen Vorlesung für Mediziner und andere Anfänger [Experimentalphysikvorlesung] und kann nur sagen, daß das geringe Vergnügen, welches ihm diese Arbeit machte, aus dem Ton seiner Stimme, wie aus jeder seiner müden und gleichgültigen Bewegungen zutage trat. Dabei war inhaltlich der Vortrag so streng und klar, daß er ohne jede Änderung in ein Lehrbuch hätte aufgenommen werden können“ (Kant, 1994).*

Werner von Siemens und Helmholtz, die sich seit 1845 aus der Berliner Physikalischen Gesellschaft kannten, gehörten 1872 zu einer Gruppe von mathematisch-naturwissenschaftlich ausgerichteten Lehrern, Hochschullehrern und Technikern, die 1872 an das Preußische Kultusministerium eine Denkschrift zur

Errichtung eines Instituts zur Förderung der Präzisionsmechanik richteten. Die Preussische Akademie als Gutachter lehnte jedoch ab. Der Verantwortliche der Landvermessung, Generalstabschef Helmuth von Moltke (1800 - 1891) und Freund der Familie Helmholtz, setzte daraufhin einen neuen Ausschuß ein. Dieser reichte einen mit den schwerpunktmäßig noch auf die Technik ausgerichteten Plan an den Preussischen Landtag und das Kultusministerium ein. Das Kultusministerium stimmte zu. Diese Zustimmung wurde aber durch die Auseinandersetzungen um Inhalt und Finanzierung der gerade entstehenden Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg weitgehend entwertet. Siemens brachte 1883/84 im Zusammenwirken mit Helmholtz, den schon mehr als zehn Jahre auf politischer, akademischer und technisch-industrieller Ebene ablaufenden Diskussionsprozeß voran. In zwei Denkschriften, ausgearbeitet zusammen mit aus der früheren Kommissionen verbliebenen Teilnehmern, wurde die Begründung eines „Institutes für die experimentelle Förderung der exacten Naturforschung und der Präzisionstechnik“ gefordert. In einem Sondervotum hatte Helmholtz verlangt, außer einer mechanisch-technischen Abteilung auch eine wissenschaftliche Abteilung zu schaffen. Siemens lenkte den Blick auf die internationale Konkurrenzfähigkeit der Industrie sowie auf die Bedeutung einer außeruniversitären institutsionalisierten Form der Erzeugung und des Transfers von Grundlagenwissen. Siemens sprach davon, daß *„die wissenschaftliche Forschung selbst... nirgends Lebensberuf in der staatlichen Organisation [ist], sie ist nur eine geduldete Privatthätigkeit der Gelehrten neben ihrem Berufe, der Lehrthätigkeit“*. Weiterhin führte er aus, daher würden *„hochbegabte Männer... im Unterrichtsdienste verbraucht werden“*. In dem Arbeitsplan der Denkschrift wurden u. a. folgende Gesichtspunkte angegeben:

*„1. In erster Stelle unternimmt oder organisiert das Institut solche für die Sicherung und Förderung der wissenschaftlichen Forschung und der mit ihr eng verbundenen Technik wichtige experimentelle Untersuchungen und Messreihen, welche von seiten einzelner wissenschaftlicher Männer oder wissenschaftlicher Lehr- und Verwaltungs-Institutionen überhaupt nicht zustande gebracht werden können...“*

*2. Das Institut führt auch solche technische und wissenschaftliche Untersuchungen aus, deren privatwirtschaftlich Betrieb... keine genügende Bürgschaft für die Erreichung und Erhaltung der für Wissenschaft und Technik unentbehrlichen Gleichmäßigkeit und Normalität gewisser typischer Ausführungen bietet“.*

Helmholtz selbst zählt in dem beigegebenen Votum für die wissenschaftliche Abteilung sechs konkrete Aufgaben auf: *„1. Bestimmung der genauen Intensität der Schwere, 2. Absolute Messung der Gravitation, 3. Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in irdischer Entfernung, 4. Bestimmung der Weberschen „kritischen Geschwindigkeit“, 5. Untersuchungen über elektrische Maßeinheiten, 6. Wiederholung der thermodynamischen Versuche von Regnault“* [Henri Victor Regnault (1810 - 1879)] (Ruske, 1967; Hauser, Klages, 1977; Kaiser, 1994; Heidelberger, 1997).

Gleichzeitig machte Siemens das Angebot, durch Schenkung eines Grundstückes und eines Geldbetrages von 300 000 Mark, der zum größten Teil aus dem Erbe des Bruders Wilhelm (William; 1823 - 1883) zur Verfügung stand, als Startkapital bereitzustellen. Es war die Absicht aller dieser Gutachten, neben den Universitäten und Technischen Hochschulen Laboratorien einzurichten, in denen unter der Leitung begabter Forscherpersönlichkeiten diese Experimentaluntersuchungen durchgeführt werden sollten, für die an der Hochschule weder die Mittel noch die Apparaturen und die Zeit zur Verfügung standen. Diese Begründungen führten zwanzig Jahre später, im Oktober 1905 zu einer von Emil Fischer (1852 - 1919), Walther Nernst (1864 - 1941) und Wilhelm Ostwald (1853 - 1932) geschriebenen Denkschrift, in der auch für die Chemie ein solches Institut vorgeschlagen wurde, was bekanntlich Jahre später zur Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft mit eigenen Instituten führte (Ruske, 1967; Kaiser, 1994; Heidelberger, 1997).

1884 konzipierte Siemens auf Ersuchen von Reichskanzler Fürst Otto Graf von Bismarck (1815 - 1891; Graf seit 1865; Fürst seit 1871) einen Organisationsplan. Danach sollte das Institut zwei Abteilungen bekommen, eine physikalische Abteilung (die spätere wissenschaftliche Abteilung I), die Grundlagenforschung mit hohem Aufwand von Zeit, Gerät, Material und Dienstleistungen betreiben sollte. Die andere, technische Abteilung, als Ausgangspunkt des ganzen Bestrebens der Förderung der Meßtechnik, Eichung und Überprüfung von Meß- und Regelgeräten und dem Bau von Spezialapparaturen (Kaiser, 1994; Heidelberger, 1997).

Siemens ging es bei der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) nicht nur um die Rolle des Mäzen, sondern als eine gewisse Selbstbestätigung des erfolgreichen Unternehmers. Es ging ihm aber auch um eine Stärkung des preußisch geführten Deutschen Reiches durch eine hochstehende Wissenschaft sowie um Förderung von Technik und Industrie. Auf den internationalen Pariser Konferenzen (1881 - 1884) über die Festlegung elektrischer Maßeinheiten war klar geworden, daß wissenschaftsorganisatorische Schwächen durch ein außeruniversitäres meßtechnisches Institut behoben werden könnten.

Die engen persönlichen Beziehungen zu Siemens brachten für Helmholtz, der 1882 geadelt worden war, eine familiäre Bindung. Seine Tochter Ellen (1864 - 1941) aus zweiter Ehe heiratete am 10. November 1884 den ältesten Sohn von Werner von Siemens, Arnold Wilhelm von Siemens (1853 - 1918). Sie schrieb später ein Lebensbild ihrer Mutter (Siemens-Helmholtz, 1929).

Man sah die erdrückende Konzentration der Kräfte in Berlin, nicht nur im militärischen, sondern auch gerade im wissenschaftlich-technischen Bereich. Die TH Berlin-Charlottenburg hatte 1884 einen neuen Prachtbau erhalten und war zu der in Deutschland führenden Technischen Hochschule aufgestiegen. Dazu kam noch der Boom der „Berliner Elektro-Großindustrie“, der mit der Macht der „Berliner Banken“ erworben war. Siemens sah sich veranlaßt, in einem Brief vom 17. September 1885 an Helmholtz im Sinne einer Öffnung der PTR einzuwirken und schrieb:



*„Lieber Freund!*

*Am Sonnabend haben wir bei p. Weymann [Geh. Oberregierungsrat] die Vorlage betreffs der physik.-techn. Reichsanstalt durchberaten und es wird Ihnen das Protokoll wohl demnächst zugehen. Es machte nur ein Punkt Bedenken und ich habe es übernommen Ihnen darüber zu schreiben. Es betrifft die allgemeine Organisation wie sie aus Ihrer Durchschrift und dem Organisationsplan ersichtlich ist! Wir stimmten ja bei früheren Beratungen schon darüber überein, dass es absolut notwendig sei, dem Institut den spezifischen Berliner Charakter dadurch zu nehmen, dass es durch seine Organisation als ein, den Gelehrten von ganz Deutschland zugängliches, als ein Arbeitsplatz für tüchtige, deutsche Gelehrte überhaupt erscheint. Findet dies nicht statt, so wird der schon bedenklich erhobene Ruf - es soll der wissenschaftliche Fortschritt für ein Berliner Institut und die Angestellten desselben monopolisiert werden - überall, namentlich aber im Bundesrat und Reichstage in bedenklichem Masse erhoben! Das muß jedenfalls vermieden werden...“ (Kaiser, 1994).*

Die Mehrzahl der deutschen Physiker hatten sich im Vorfeld der Gründung der PTR weitgehend passiv verhalten, wobei Ernst Carl Abbe (1840 - 1905) eine Ausnahme bildete. Der Verein Deutscher Ingenieure griff auf der 27. Hauptversammlung 1886 die Pläne auf und befürwortete sie. Der Reichstag bewilligte erst im März 1887 die nötigen staatlichen Mittel von 700 000 Mark für die Gründung, was aber offenbar nur mit massiven Appellen an das Nationalbewußtsein und unter dem Hinweis auf den verstärkten wirtschaftlichen Wettbewerb der Industrienationen geschah. Der im Brief genannte Geheime Oberregierungsrat Weymann überbrachte Helmholtz im April 1887 im Auftrage des Staatssekretärs des Innern das Angebot, das Präsidium der PTR zu übernehmen. Helmholtz sagte am 4. April 1887 unter der Voraussetzung zu, daß er finanziell für seine beiden Lehrämter an der Berliner Universität und am Medicinisch-Chirurgischen Friedrich-Wilhelm-Institut entschädigt würde, sowie seine Stellung an der Berliner Akademie der Wissenschaften unangetastet bliebe. Die Ernennung zum Präsidenten der PTR erfolgte im April 1888, ein Jahr später zog er in die neue Dienstwohnung ein. Als Nachfolger von Helmholtz auf den Lehrstuhl für Experimentalphysik und die Leitung des Instituts an der Universität übernahm August Kundt (1839 - 1894) der aus Straßburg kam (Büche, 1961; Kaiser, 1994).

Als 66jähriger Mann wurde Hermann von Helmholtz 1887 Präsident der neu gegründeten Physikalisch-Technischen-Reichsanstalt in Berlin, das zum Vorbild für viele ähnliche Institutionen in aller Welt wurde. Man sah in ihm den geeigneten Präsidenten als großen Gelehrten, der eine geeignete personelle Brücke zu den politischen und militärischen Akteuren bot. Hatte Helmholtz 1877 in seiner Antrittsrede als Rektor der Universität Berlin noch das „Hohe Lied der akademischen Freiheit der deutschen Universitäten gesungen“, in der er von den „*extremsten Konsequenzen materialistischer Metaphysik über die kühnsten Speculationen auf dem Boden von Darwin's Evolutionstheorie bis zur extremsten Vergötterung päpstlicher Unfehlbarkeit sprach*“ stand er nun an der Spitze einer Institution, die bewußt losgelöst von der

Lehre - Helmholtz empfand sie zunehmend als Last - eine gelenkte, anwendungsorientierte Forschung betrieb. Trotzdem hielt Helmholtz noch an der Universität eine mehrsemestrige Vorlesung über „Theoretische Physik“. Obwohl Helmholtz der auf dem Höhepunkt seines wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Einflusses stand, markiert das Zusammenwirken mit Werner von Siemens den Aufstieg einer neuen Elite, des wirtschaftlichen Großbürgertums in Deutschland (Helmholtz, 1877a; Kaiser, 1994).

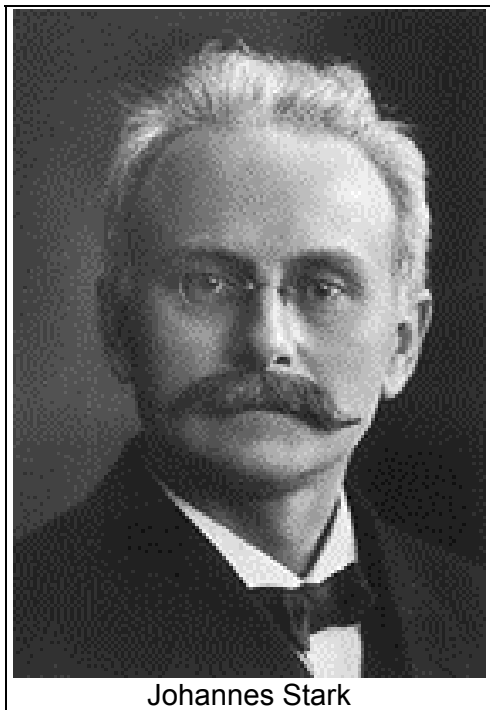
Trotz der administrativen Erfahrungen, die Helmholtz mit dem Neubau des Berliner Physikalischen Instituts hatte, dauerte es bis 1892, bis die wissenschaftliche Abteilung der PTR wirklich arbeitsfähig war. Die von Helmholtz gewünschte reine Grundlagenforschung trat zunächst weitgehend zugunsten technischer Problemlösungen in den Hintergrund. Die vielen Aufgaben, die Helmholtz übernommen hatte, waren kaum mehr zu übersehen: Aufbau und Verwaltung der PTR samt ihrer Publikationen, öffentliche Ämter (Akademie, Prüfungskommission der internationalen Elektrizitätsausstellung in Frankfurt 1891), Lehrtätigkeit an der Universität sowie vor allem die Weiterführung der Forschung auf dem Gebiete der Elektrodynamik. Trotzdem hat Helmholtz den Mitarbeitern der PTR immer wieder versucht, die ungebrochene Begeisterung für die Wissenschaft zu vermitteln. Es gab aber Anzeichen, daß er im Alter nicht der Belastung gewachsen war, der in der Aufbauphase der PTR erforderlich gewesen wäre. Dazu kamen Todesfälle aus dem persönlichen Bereich. Sein Sohn Robert, der ebenfalls an der Reichsanstalt arbeitete, starb 1889, Werner von Siemens am 6. Dezember 1892 (Kaiser, 1994).

Die späteren Präsidenten der Physikalischen-Technischen-Reichsanstalt (PTR) nach Helmholtz waren:

<b>Name</b>		<b>Präsident der PTR</b>
Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch	1840 - 1910	1895 bis 1905
Emil Warburg	1846 - 1931	1905 bis 1922
Walther Friedrich Hermann Nernst	1864 - 1941	1922 bis 1924
Friedrich Paschen	1865 - 1947	1924 bis 1933
Johannes Stark	1874 - 1957	1933 bis 1939
Abraham Esau	1884 - 1955	1939 bis 1945

Mit Nernst (Chemie, 1920) und Stark (Physik, 1919) standen zwei Nobelpreisträger an der Spitze der PTR. Stark war neben Philipp Lenard (1862 - 1947) einer der führenden Vertreter der „Deutschen Physik“. Er wurde 1933 bei der Machtübernahme der Nationalsozialisten Präsident der PTR und gleichzeitig 1934 Präsident der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft (DNG), praktisch eine Vorgänger-

organisation der heutigen Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG). Boshafte Physiker sagten Stark nach, daß er Führerprinzip und Personalunion für die PTR ungenutzt hätte und erzählten:



Johannes Stark

*„Die PTR brauchte Geld. Stark schrieb also einen Antrag in seinem Dienstzimmer der PTR. Dann fuhr er zur DNG [Deutsche Notgemeinschaft] und übergab dort seine Mappe mit dem Antrag der Sekretärin, setzte sich an seinen Dienstschreibtisch, klingelte und fragte, was vorläge. „Mehrere Anträge, darunter auch ein Antrag der PTR über 100 000 Mark“. Stark las ihn durch, nickte zustimmend: „Bewilligt“ und unterschrieb. Dann packte er den bewilligten Antrag in seine Mappe und kehrte wohlgelaunt zur PTR zurück“ (NN, 1962).*

1923 wurde die Reichsanstalt für Maß und Gewicht in die PTR eingegliedert. Von 1943 bis 1945 mußten infolge von Kriegschäden viele Laboratorien der PTR ausgelagert werden. Nach dem Krieg konstituierte sich im März 1947 ein Präsidialausschuß unter der Leitung von Max von Laue (1879 - 1960), nachdem 1946 mit dem Wiederaufbau der PTR in Berlin begonnen wurde, wobei der Senat Berlin-West als Dienststelle fungierte. 1950 wurde die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig gegründet, in die die PTR in Berlin-Charlottenburg als „Institut Berlin“ eingegliedert wurden. Der in der DDR in Berlin-Friedrichshagen gelegene Sitz des Amtes für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW) wurde am 3. Oktober 1990 aufgelöst und der PTB zugeschlagen.

Somit ist das Präsidium der PTB mit acht Abteilungen und ca. 1 500 Beschäftigten in Braunschweig ansässig. In Berlin Charlottenburg, auf dem traditionsreichen Gelände der PTR seit 1887, ist die Abteilung „Temperatur und Synchrotronstreuung“ der PTB mit ca. 200 Beschäftigten untergebracht. Die Abteilung „Medizinische Meßtechnik und Informationstechnik“ der PTB ist in Berlin-Friedrichshagen beheimatet. Dort arbeiten etwa 300 Beschäftigte. Insgesamt hat die PTB ca. 1 650 festangestellte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, von denen wiederum etwa 550 eine wissenschaftliche Ausbildung haben. Die PTB gehört zum Dienstbereich des Bundesministers für Wirtschaft. Seit 1973 vergibt die PTB den Helmholtz-Preis, der aus einer Urkunde besteht und mit 10 000 DM dotiert ist.

Am 31. August 1891 beging Helmholtz seinen 70. Geburtstag. Vergeblich versuchte er, allen Ehrungen und Festlichkeiten zu entfliehen. Neben anderen Ehrungen erhielt er das Groß- und Offizierskreuz und den Titel eines wirklichen Geheimen

Rates. Nach dem Tode seines Freundes Siemens wurde es einsam um Helmholtz. Er gab seine Vorlesung über mathematische Physik auf und schrieb einem Kollegen: *„Sie sehen, ich räume auf. Wenn man sieht, wie die Freunde ringsum scheiden, sieht man, daß es Zeit zum Aufräumen ist“*. Widerwillig unternahm er 1893 eine mühsame Reise in die USA, um die Weltausstellung in Chicago zu besuchen. Gleichzeitig fand ein großer naturwissenschaftlicher-technischer Kongreß statt, auf dem Helmholtz Deutschland vertrat. Seiner Tochter schrieb er aus den USA in einem Brief: *„Der Niagarafall ist das einzige Ding in Amerika, welches wirklich einen gleichzeitig mächtig großen, schönen und erfrischenden Eindruck macht“* (Brüche, 1961).



Max Planck

Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 - 1947) wurde nach Kirchhoffs Tod (1887) auf Vorschlag von Helmholtz als Nachfolger Kirchhoffs von der Universität Kiel nach Berlin (1889) berufen. Planck berichtete später: *„...jäh herein brach das schwarze Jahr 1894 der deutschen Physik, das besonders für unsere Gesellschaft [Physikalische Gesellschaft] sich verhängnisvoll auswirkte. Am 1. Januar starb im blühenden Mannesalter Heinrich Hertz... Am 21. Mai folgte ihm August Kundt... Und der 8. September raubte uns den Mann, der die Spitze der deutschen Wissenschaft, den Stolz unserer Gesellschaft darstellte, zugleich einen der letzten Vertreter der klassischen Physik: Hermann von Helmholtz. Dieser Tag bezeichnet den wichtigsten Einschnitt in der Geschichte unserer Ge-*

*sellschaft“*.

Die Grabrede für seinen Nachfolger Kundt auf dem Berliner Lehrstuhl hielt Helmholtz. Dabei sprach er mit ergreifenden Worten von den hohen Aufgaben, die die Wissenschaft im Dienst der gesamten Menschheit zu erfüllen habe. Ein Vierteljahr später teilte sein alter Freund und der Ehrenvorsitzende der Physikalischen Gesellschaft du Bois-Reymond, den Tod des Vorsitzenden Hermann von Helmholtz mit. Er sagte u. a.: *„Sein früher Tod, der ihn aus voller Schaffenskraft hinweggerafft, ist nicht bloss als ein für die Wissenschaft unsagbarer Verlust, sondern sogar als nationales Unglück empfunden worden“*.

Wachsmuth, der bei Helmholtz arbeitete, schrieb in einem Brief an Leo Koenigsberger (1837 - 1921) nach Heidelberg:

*„Am Morgen des 12. [Juli 1894] wurde ich aus der Reichsanstalt geholt. Helmholtz war über den Hausflur gegangen, hatte plötzlich nicht weiter gekonnt, der Diener war zugesprungen, hatte ihn noch in seine Stube führen können und auf das Sofa gelegt. Die Bewegungslosigkeit hatte, offenbar durch eine um sich greifende*

*Zerstörung bei der Gehirnblutung, langsam zugenommen. Am Vormittag sprach er noch ruhig über alle zu verändernden Dispositionen, ich schrieb noch eine Reihe von Briefen in seinem Auftrage. Der erste Arzt, der kam, war Bardeleben [Adolf von Bardeleben (1819 - 1895)], ihm folgten Gerhardt [Carl Gerhardt (1833 - 1902)] und Leyden [Ernst von Leyden (1832 - 1910)], doch war Helmholtz zu sehr selbst Mediciner, um nicht die Sachlage völlig zu übersehen. Dann folgten wirre, wie klare Zeiten, mühsamste Pflege, Erinnerungen an Amerika und den Niagarafall, schliesslich eine doch deutlich erscheinende Besserung“.*

Am 31. August 1894 konnte Helmholtz noch mit einem Funken Hoffnung seinen Geburtstag feiern, doch an den folgenden Tagen brachen erneut Lähmungserscheinungen auf. Helmholtz wurde von seinem unsäglichen Leiden am 8. September 1894 um 13 Uhr 11 erlöst.

Kaiser Wilhelm II. (1859 - 1941; Deutscher Kaiser 1888 - 1918) schrieb an Anna von Helmholtz am selben Tage um 21 Uhr folgendes Telegramm:

*„Die Nachricht von dem Dahinscheiden Ihres Gemahls hat mich um so tiefer erschüttert, als mir sein lebensvolles Bild noch aus unserm letzten Zusammensein in Abbazia vor Augen steht. Ich spreche Ihnen meine herzlichste Theilnahme an diesem schweren Verluste aus und hoffe, dass es in Etwas zu Ihrem Troste gereichen wird, dass mit Ihnen die wissenschaftliche Welt, das Vaterland und Ihr König trauern“* (Koenigsberger, 1903).

In der Singakademie zu Berlin wurde am 14. Dezember 1894 eine Gedächtnisfeier zu Ehren von Helmholtz abgehalten. Der Kaiser gab die Anregung, ein Helmholtz-Denkmal zu errichten. Das schönste Denkmal hat sich Helmholtz selbst in der Erinnerung seines großen Nachfolgers Max Planck gesetzt, der beim 90 jährigen Bestehen der Physikalischen Gesellschaft über ihn sagte:

*„...in seiner ganzen Persönlichkeit, seinem unbestechlichen Urtheil, seinem schlichten Wesen, verkörperte sich die Würde und Wahrhaftigkeit seiner Wissenschaft. Dazu gesellte sich eine menschliche Güte, die mir tief zu Herzen ging. Wenn er mich im Gespräch mit seinen ruhig und eindringlich forschenden doch im Grunde wohlwollenden Augen anschaute, dann überkam mich ein Gefühl grenzenloser kindlicher Hingabe. Ich hätte ihm ohne Rückhalt alles, was mir am Herzen lag, anvertrauen können, in der gewissen Zuversicht, daß ich in ihm einen gerechten und milden Richter finden würde, und ein anerkennendes oder gar lobendes Wort aus seinem Munde konnte mich mehr beglücken als jeder äußere Erfolg“* (Brüche, 1961).

Der Name Helmholtz ist in mehreren wissenschaftlichen Sätzen und Gleichungen verankert: Helmholtz-Clausiuscher Satz, Helmholtz-Feld, Helmholtz-Lagrange-scher Satz, Helmholtz'sche Dispersionsformel, Helmholtz'sche Doppelzelle (Doppelkette), Helmholtz'sche Farbentheorie, Helmholtz'sche Gleichung (für die freie Energie), Helmholtz'scher Resonator, Helmholtz'sches Reziprozitätsgesetz, Helmholtz'sche Wirbelsätze und Helmholtz-Doppelschicht.

Eine große Ehre wurde Hermann von Helmholtz zuteil, indem sich die frühere Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF) zur Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) formierte. Die sechzehn deutschen Helmholtz-Zentren verfolgen langfristige Forschungsziele in wissenschaftlicher Autonomie. Die Helmholtz-Zentren sind (NN, 1998):

<b>Name</b>	<b>Ort</b>	<b>Beschäftigte</b>	<b>Forschungs- kapital In DM</b>
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)	Bremerhaven	556	123 Millionen
Stiftung Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)	Hamburg	1 453	287 Millionen
Stiftung Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)	Heidelberg	1 459	203 Millionen
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)	Köln	3 818	709 Millionen
Forschungszentrum Jülich GmbH (FZ)	Jülich	4 500	540 Millionen
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK)	Karlsruhe	3 600	511 Millionen
Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH (GBF)	Braunschweig	510	73 Millionen
Stiftung GEO-Forschungs-Zentrum Potsdam (GFZ)	Potsdam	510	88 Millionen
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH (GKSS)	Geesthacht	699	129 Millionen

GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH (GMD)	Sankt Augustin	1 045	179 Millionen
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH (GSF)	Oberschleißheim	1 393	210 Millionen
Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH (GSI)	Darmstadt	598	129 Millionen
Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH (HMI)	Berlin	723	126 Millionen
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)	Garching	1 054	182 Millionen
Stiftung Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC)	Berlin-Buch	580	105 Millionen
UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ)	Leipzig	617	98 Millionen
Gesamt		23 115	3 692 Millionen

Wilhelm Wien (1864 - 1928), von 1890 bis 1896 Assistent an der PTR (bis 1894 bei Helmholtz), beschrieb 1921 Helmholtzs Bedeutung für die Physik mit folgenden Worten:

*„Es ist für die jetzt lebende jüngere Generation der Physiker nicht leicht, sich eine Vorstellung von der überragenden Stellung zu bilden, die Helmholtz in den letzten Jahren seines Lebens einnahm. Es gab damals wohl kein physikalisches Problem, das er nicht durchdacht und über dessen Behandlungsweise er sich nicht ein bestimmtes Urteil gebildet hätte. Der heutigen Physik sind die Helmholtzschen Leistungen so sehr zum wissenschaftlichen Rüstzeug geworden, daß sie sich ihrer Herkunft vielfach nicht mehr bewußt wird“* (Heidelberger, 1994).

Literatur

Beneke K (1995) Der menschliche Blutkreislauf. In: Zur Geschichte der Grenzflächenerscheinungen - mit ausgesuchten Beispielen -. Beiträge zur Geschichte der Kolloidwissenschaften. IV. Mitteilungen der Kolloid-Gesellschaft, 1995. Verlag Reinhard Knof, Kiel: 15-21

Beneke K (1997) John Tyndall 1820 - 1893. In: Lagaly G, Schulz O, Zimehl R (Hrsg) Dispersionen und Emulsionen. Eine Einführung in die Kolloidik feinverteilter Stoffe einschließlich der Tonminerale. Mit einem historischen Beitrag über Kolloidwissenschaftler von Klaus Beneke. Steinkopff Verlag, Darmstadt: 538

Beneke K (1998a) Ilja Iljitsch Metschnikow (1845 - 1916). In: Biographien und wissenschaftliche Lebensläufe von Kolloidwissenschaftlern, deren Lebensdaten mit 1995 in Verbindung stehen. Beiträge zur Geschichte der Kolloid-Wissenschaften, VII. Mitteilungen der Kolloid-Gesellschaft, 1998. Verlag Reinhard Knof, Nehnten: 49-54

Beneke (1998b) Carl Ludwig (1816 - 1895). In: Biographien und wissenschaftliche Lebensläufe von Kolloidwissenschaftlern, deren Lebensdaten mit 1995 in Verbindung stehen. Beiträge zur Geschichte der Kolloidwissenschaften, VII. Mitteilungen der Kolloid-Gesellschaft, 1998. Verlag Reinhard Knof, Nehnten: 24-28

Birkenmaier W (1995) Das russische Heidelberg. Zur Geschichte der deutsch-russischen Beziehungen im 19. Jahrhundert. Verlag Das Wunderhorn GmbH, Heidelberg, 1995: 5-43

Brüche, E (1961) Aus der Vergangenheit der Physikalischen Gesellschaften III. Die Epoche von Hermann von Helmholtz. Physikal BI 17: 27-33

Clausius R (1850) Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, die sich daraus für die Wärmetheorie selbst ableiten lassen. Ann Physik 79: 368.

Clausius R (1898) Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, die sich daraus für die Wärmetheorie selbst ableiten lassen. M. Planck (Hrsg) Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 99, Verlag W. Engelmann, Leipzig

Clausius R (1867) Über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Verlag P. Vieweg, Braunschweig

Gibbs J W (1876/78) On the equilibrium of heterogeneous substances. Trans Connecticut Acad Arts Sci (New Haven) (1876) 3: 108-248; 3 (1878) 343-524

Hauser W, Klages H (1977) Die Entwicklung der PTR zum metrologischen Staatsinstitut. Physikal BI 33: 457-464

Heidelberger M (1997) Hermann von Helmholtz. In: Meyenn K. v. (Hrsg.) Die großen Physiker Von Aristoteles bis Kelvin. Band I. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München: 396-415

Helmholtz A (1842) De Fabrica Systematis nervosi Evertibratorum. Verfasser: Arminius Helmholtz, Berolini, 1842, 29 Seiten. (Berlin, Univ., Med. Diss., 1842)

Helmholtz H (1847) Ueber die Erhaltung der Kraft. Eine physikalische Abhandlung; vorgetragen in der Sitzung der physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 23sten Juli 1847. Reimer, Berlin 1847, 72 Seiten



- Helmholtz H (1851) Beschreibung eines Augen-Spiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge. Berlin
- Helmholtz, H (1856-1866) Handbuch der physiologischen Optik, 3 Bände. Leipzig
- Helmholtz H (1862) Ueber das Verhältniss der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaften. Prorektoratsrede, gehalten am 22. November 1862
- Helmholtz H (1863) Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Vieweg, Braunschweig, 1863, 600 Seiten
- Helmholtz H (1877) Das Denken in der Medicin. Rede von Hermann von Helmholtz. Berlin, 1877, 36 Seiten
- Helmholtz H (1877a) Über die akademische Freiheit der deutschen Universitäten. Rede beim Antritt des Rectorats an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin gehalten am 15. October 1877. Vogt, Berlin, 1877, 23 Seiten
- Helmholtz H (1881) Ueber die Berathungen des Pariser Congresses betreffend die elektrischen Masseinheiten. Elektro Techn Z 2: 482-489
- Hoffmann K (1993) Ivan Michajlovič Sečenov in Heidelberg. Diplomarbeit, Heidelberg. Zitiert in: Birkenmaier W (1995) Das russische Heidelberg. Verlag Das Wunderhorn GmbH, Heidelberg, 1995: 32-33
- Kaiser W (1994) Hermann von Helmholtz: Aspekte einer Wissenschaftlerkarriere im deutschen Kaiserreich. In: Krüger L (Hrsg.) Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren. Akademie Verlag, Berlin, 1994: 345-359
- Kant H (1994) Helmholtz' Vortragskunst und sein Verhältnis zur populären Wissensvermittlung. In: Krüger L (Hrsg.) Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren. Akademie Verlag, Berlin, 1994: 315-329
- Karger-Decker B (1991) Albrecht von Graefe (1828 - 1870). In: An der Pforte des Lebens. Wegbereiter der Heilkunde im Porträt. Edition q, Berlin, Band 1: 86
- Koenigsberger L (1902/03) Hermann von Helmholtz. Vieweg, Braunschweig, Band 1: 79. Zitiert in: Heidelberger M (1997) Hermann von Helmholtz. In: Meyenn K. v. (Hrsg.) Die großen Physiker. Von Aristoteles bis Kelvin. Band I. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München: 397
- Koenigsberger L (1903) Hermann von Helmholtz. Dritter Band. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig: 122-125
- Meyer R (1911) Die Mechanik der Wärme. Zwei Abhandlungen. In: A. v. Oettingen v A (Hrsg), Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 180. Verlag W. Engelmann, Leipzig
- Nernst W (1906) Sitz Ber Akad Wiss Berlin: 933
- NN (1962) Von den Präsidenten der PTR. Physikal BI 18: 322-323
- NN (1998) URL: <http://www.gmd.de>
- Rechenberg H (1995) Helmholtz als Physiker und Metrologe. PTB-Mitteilungen 105: 189-194
- Ruske W (1967) 100 Jahre Deutsche Chemische Gesellschaft. Verlag Chemie, Weinheim: 115

- Siemens-Helmholtz E (1929) Anna von Helmholtz. Ein Lebensbild in Briefen. Verlag für Kulturpolitik, Berlin, 2 Bände
- Thews G (1995) Helmholtz als Arzt und Physiologe. PTB- Mitteilungen 105: 181-187
- Turner RS (1972) Helmholtz, Hermann von. In: Gillispie CC (Hrsg.) Dictionary of Scientific Biography, American Council of Learned Societies. Charles Scribner's sons, New York 6: 241-253
- Tuschmann W, Hawig P (1993) Sofia Kowalewskaja. Ein Leben für Mathematik und Emanzipation. Birkenhäuser Verlag, Berlin
- Tyndall J (1867) Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. Autorisierte deutsche Ausgabe herausgegeben durch H. Helmholtz und G. H. Wiedemann nach der 2. Aufl. des Originals, Heat considered as a mode of motion. Vieweg, Braunschweig, 1867, 670 Seiten
- Tyndall J (1874) Fragmente aus den Naturwissenschaften. Vorlesungen und Aufsätze von John Tyndall. Mit Vorwort und Zusätzen von H. Helmholtz. Autorisierte deutsche Ausgabe übersetzt von Anna v. Helmholtz. Vieweg, Braunschweig, 1874, 598 Seiten
- Vogt A (1994) Hermann Helmholtz' Beziehungen zu russischen Gelehrten. In: Krüger L (Hrsg.) Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren. Akademie Verlag, Berlin: 66-86
- Wolff S L (1997) Ein Militärarzt in der Physik. Vor 150 Jahren: Die Formulierung der Energieerhaltung durch Hermann Helmholtz. Kultur & Technik 3/1997: 41-45

#### **Weitere Publikationen, Werke und Vorträge von Hermann von Helmholtz**

- Helmholtz H (1847) Physiologische Wärmeerscheinungen. Fortschritte der Physik im Jahre 1845. 1: 346-355
- Helmholtz H (1847) Bericht über „die Theorie der physiologischen Wärmeerscheinungen“ betreffende Arbeiten aus dem Jahre 1845. Die Fortschritte der Physik 1: 346-355
- Helmholtz H (1850) Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Archiv Anatomie, Physiologie und wiss. Medicin 276-381
- Helmholtz H (1851) Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke. Königsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen „: 169-189
- Helmholtz H (1851) Ueber die Dauer und den Verlauf der durch Stromesschwankungen inducierten elektrischen Ströme. Poggendorfs Ann Phys 83: 505-540
- Helmholtz H (1853) Ueber einige Gesetze der Vertheilung electricer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch-electrischen Versuche. Poggendorfs Ann phys 89: 211-233; 353-377; 224-225
- Helmholtz H (1854) Erwiderung auf die Bemerkungen von Hrn. Clausius. Poggendorfs Ann Phys 91: 241-260
- Helmholtz H (1854) Ueber die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen. Königsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen 3: 1-20
- Helmholtz H (1854) Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik. Ein populär-wissenschaftlicher Vortrag gehalten am 7. Februar 1854. Gräfe & Unzer, Königsberg, 1854, 47
- Helmholtz H (1855) Ueber das Sehen des Menschen. L. Voss, Leipzig, 1855
- Helmholtz H (1856) Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig
- Karsten G (Hrsg) (1856-1869) Allgemeine Encyclopädie der Physik / Bearb. v. P. W. Brix, B. W. Feddersen, F. C. O. Feilitzsch, F. Grashof, F. Harms, H. Helmholtz, hrsg. v. Gustav Karsten. Voss,

- Leipzig, 1856-1869, mehrere Bände: Bd. 9. Handbuch der physiologischen Optik. Verfasser:Hermann von Helmholtz 1867, 874 Seiten
- Helmholtz H (1857) Theorie der Wärme. Fortschritte der Physik im Jahre 1854. Berlin, 1857: 369 ff
- Helmholtz H (1861) Zur Theorie der Zungenpfeifen. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 26. Juli 1861
- Helmholtz H (1861) Ueber eine allgemeine Transformationsmethode der Probleme über elektrische Vertheilung. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 8. Dezember 1861
- Helmholtz H (1862) Ueber die Form des Horopters. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein am 24. October 1862
- Helmholtz H (1863) Ueber die Bewegungen des menschlichen Auges. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 8. Mai 1863
- Helmholtz H (1864) On the normal motions of the human eye in relation to binocular vision. Croonian Lecture am 14. April 1864
- Helmholtz H (1864) Versuche über das Muskelgeräusch. Vorgelegt der Berliner Akademie am 23. Mai 1864
- Helmholtz H (1864) Ueber den Einfluss der Raddrehung des Auges auf die Projection der Retinabilder nach aussen. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 25. November 1864
- Helmholtz H (1865) Ueber die Augenbewegungen. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 6. Januar 1865
- Helmholtz H (1865) Ueber stereoskopisches Sehen. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 30. Juni 1865
- Helmholtz H (1865) Ueber Eigenschaften des Eises. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 24. Februar 1865
- Helmholtz H (1866) Ueber den Muskelton. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 20. Juli 1866
- Tyndall J (1867) Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. Autoris. dt. Ausg., hrsg. durch H. Helmholtz und G. H. Wiedemann nach der 2. Aufl. des Originals, Heat considered as a mode of motion. Vieweg, Braunschweig, 1867, 670 Seiten
- Helmholtz H (1867) Mittheilung, betreffend Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen, welche Herr N. Baxt aus Petersburg im physiologischen Laboratorium in Heidelberg ausgeführt hat. Vorgelegt der Berliner Akademie am 25. April 1867
- Helmholtz H (1867) Ueber die Mechanik der Gehörknöchelchen. Vorgelegt der Berliner Akademie am 26. Juli und 9. August 1867
- Helmholtz H (1867) Sur la production de la sensation du relief dans l'acte de la vision binoculaire. Vortrag auf dem Ophthalmologischen Congress in Paris
- Helmholtz H (1868) Ueber die Thatsachen, die der Geometrie zum Grunde liegen. Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft und der Georg-August-Universität Göttingen. Nr. 9, 193-221
- Helmholtz H (1868) Ueber discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. Vorgelegt der Berliner Akademie am 23. April 1868
- Helmholtz H (1868) Ueber die thatsächlichern Grundlagen der Geometrie. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 22. Mai 1868
- Helmholtz H (1869) Ueber die physiologische Wirkung kurzdauernder elektrischer Schläge im Innern von ausgedehnten leitenden Massen. Vorgelegt dem naturhistorischen medicinischen Verein zu Heidelberg am 12. Februar 1869
- Helmholtz H (1869) Zur Theorie der stationären Ströme in reibenden Flüssigkeiten. Vortrag im naturhistorischen medicinischen Verein in Heidelberg am 5. März 1869
- Helmholtz H (1869) Ueber elektrische Oscillationen. Vorgelegt dem naturhistorischen medicinischen Verein zu Heidelberg am 30. April 1869
- Helmholtz H (1869) Ueber die Schallschwingungen in der Schnecke des Ohres. Vorgelegt dem dem naturhistorischen medicinischen Verein zu Heidelberg am 25. Juni 1869
- Helmholtz H (1869) Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells. Cohen, Bonn, 1869, 60 Seiten (Separatabdr. aus Pflüger's Archiv für Physiologie, 1. Jg)
- Helmholtz H (1869) Ueber das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaften. Rede gehalten auf der Naturforscherversammlung in Innsbruck 1869
- Tyndall J (1869) Der Schall. Acht Vorlesungen gehalten in der Royal Institution von Grossbritannien. Deutsch herausgegeben durch H. Helmholtz und G. H. Wiedemann. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1869, 404 Seiten

- Tyndall J (1870) Faraday und seine Entdeckungen. Eine Gedenkschrift. Hrsg. durch H. Helmholtz. Vieweg, Braunschweig, 1870, 210 Seiten
- Helmholtz H (1870) Ueber die Gesetze der inconstanten elektrischen Ströme in körperlich ausgedehnten Leitern. Vorgelegt dem naturhistorischen medizinischen Verein zu Heidelberg am 21. Januar 1870
- Helmholtz H (1870) Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. Vortrag in Docentenverein in Heidelberg 1870
- Helmholtz H (1870) Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Erste Abhandlung. Ueber die Bewegungsgleichungen der Elektrizität für ruhende leitende Körper. J f reine u angew Mathematik, Band 72
- Thomson W, Tait PG (1871) Handbuch der theoretischen Physik. Autoris. dt. Übers. von H. Helmholtz und G. Wertheim. Vieweg, Braunschweig : Vieweg, 1871
- Helmholtz H (1871) Ueber die Entstehung des Planetensystems. Vortrag gehalten in Heidelberg im Februar 1871
- Helmholtz H (1871) Ueber die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt. Resultate einer von Herrn N. Baxt im Heidelberger Laboratorium ausgeführten Untersuchung. Vorgelegt der Berliner Akademie am 8. Juni 1871
- Helmholtz H (1871) Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen. Vorgelegt der Berliner Akademie am 25. Mai 1871
- Helmholtz H (1871) Zum Gedächtnis an Gustav Magnus. Rede in der Leibnitz-Sitzung der Akademie der Wissenschaften in Berlin
- Helmholtz H (1871) Populäre wissenschaftliche Vorträge. Vieweg, Braunschweig : Vieweg, 1871
- Helmholtz H (1872) Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Vorgelegt der Berliner Akademie am 18. April 1872
- Helmholtz H (1872) Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik. Ein populär-wissenschaftlicher Vortrag. Gräfe & Unzer, Königsberg, 1872, 48 Seiten
- Helmholtz H (1872) Ueber die galvanische Polarisation des Platin. Vortrag auf der Naturforscherversammlung in Leipzig im August 1872
- Helmholtz H (1873) Vergleich des Ampère'schen und Neumann'schen Gesetzes für die elektrodynamischen Kräfte. Vorgelegt der Berliner Akademie am 6. Februar 1873
- Helmholtz H (1873) Ueber galvanische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten. Vorgelegt der Berliner Akademie 1873
- Helmholtz H (1873) Ueber ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken. Vorgelegt der Berliner Akademie am 26. Juni 1873
- Helmholtz H (1873) Ueber die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Mikroskope. Vorgelegt der Berliner Akademie am 20. October 1873
- Helmholtz H (1873) Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Zweite Abhandlung. J f reine u angew Mathematik, Band 75
- Helmholtz H (1874) Zur Theorie der anomalen Dispersion. Vorgelegt der Berliner Akademie am 29. October 1874
- Tyndall J (1874) Fragmente aus den Naturwissenschaften. Vorlesungen und Aufsätze von John Tyndall. Mit Vorw. und Zusätzen von H. Helmholtz. Autoris. dt. Ausg. übers. von Anna v. Helmholtz. Vieweg, Braunschweig, 1874, 598 Seiten
- Helmholtz H (1874) Ueber die Theorie der Elektrodynamik. Dritte Abhandlung. Die elektrodynamischen Kräfte in bewegten Leitern. J f reine u angew Mathematik, Band 78
- Helmholtz H (1874) Die theoretische Grenze für die Leistungsfähigkeit der Mikroskopie. Poggendorff's Ann Physik 1874
- Helmholtz H (1875) Versuche über die im ungeschlossenen Kreise durch Bewegung inducierten elektromotorischen Kräfte. Vorgelegt der Berliner Akademie am 17. Juni 1875
- Helmholtz H (1875) Wirbelstürme und Gewitter. Vortrag gehalten in Hamburg 1875
- Helmholtz H (1875) Zur Theorie der anomalen Dispersion. Poggendorff's Ann Physik, Band 154
- Helmholtz H (1876) Bericht über die Versuche des Herrn Dr. E. Root aus Boston, die Durchdringung des Platins mit elektrolytischen Gasen betreffend. Vorgelegt der Berliner Akademie am 16. März 1876
- Helmholtz H (1876) Bericht, betreffend Versuche über die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection, ausgeführt von Herrn Henry A. Rowland. Vorgelegt der Berliner Akademie am 16. März 1876
- Helmholtz H (1877) Ueber galvanische Ströme, verursacht durch Konzentrationsunterschiede. Folgerungen aus der mechanischen Wärmetheorie. Vorgelegt der Berliner Akademie am 26. November 1877

- Helmholtz H (1877) Ueber galvanische Ströme, verursacht durch Concentrationsunterschiede. Folgerungen aus der mechanischen Wärmetheorie. Wiedemann's Ann Physik, Band 3
- Helmholtz H (1878) Ueber die Bedeutung der Convergenzstellung der Augen für die Beurtheilung des Abstandes binocular gesehener Objecte. Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft am 10. Mai 1878
- Helmholtz H (1878) Die Thatsachen der Wahrnehmung. Rede zur Stiftungsfeier der Berliner Universität am 3. August 1878
- Helmholtz H (1878) Telephon und Klangfarbe. Vorgelegt der Berliner Akademie am 11. Juli 1878
- Helmholtz H (1878) Telephon und Klangfarbe. Wiedemann's Ann Physik, Band 5
- Helmholtz H (1879) Ueber elektrische Grenzschichten. Vorgelegt der Berliner Akademie am 27. Februar 1879
- Helmholtz H (1879) Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Rede gehalten zur Stiftungsfeier der Friedrich-Wilhelms-Universität (03.08.1878) zu Berlin. Überarb. u. mit Zusätzen versehen von H. Helmholtz. Hirschwald, Berlin, 1879, 68 Seiten
- Helmholtz H (1879) Studien über elektrische Grenzschichten. Wiedemann's Ann Physik, Band 7
- Helmholtz H (1880) Ueber die Bewegungsströme am polarisierten Platina. Vorgelegt der Berliner Akademie am 11. März 1880
- Helmholtz H (1880) Ueber die Bewegungsströme am polarisierten Platina. Wiedemann's Ann Physik, Band 13
- Helmholtz H (1881) Ueber die auf das Innere magnetisch oder diëlektrtrisch polarisirter Körper wirkenden Kräfte. Vorgelegt der Berliner Akademie am 17. Februar 1881
- Helmholtz H (1881) Ueber die auf das Innere magnetisch oder diëlektrtrisch polarisirter Körper wirkenden Kräfte. Wiedemann's Ann Physik, Band 13
- Helmholtz H (1881) Ueber galvanische Polarisation des Quecksilbers und darauf bezügliche neue Versuche des Herrn Arthur König. Vorgelegt der Berliner Akademie am 3. November 1881
- Helmholtz H (1881) Eine elektrodynamische Waage. Wiedemann's Ann Physik, Band 14
- Helmholtz H (1881) Vorbemerkung zu einer nachgelassenen Abhandlung von Franz Boll. Thesen und Hypothesen zur Licht- und Farbempfindung. Du Bois-Reymond's Arch, Jahrgang 1881
- Helmholtz H (1882) Die Thermodynamik chemischer Vorgänge. Vorgelegt der Berliner Akademie am 2. Februar 1882
- Helmholtz v H (1882) Zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Vorgelegt der Berliner Akademie am 27. Juli 1882
- Helmholtz v H (1882) Ueber absolute Maasssysteme für electriche und magnetische Grössen. Wiedemann's Ann Phys 17: 42-47
- Helmholtz v H (1882) Wissenschaftliche Abhandlungen. Band I, Barth, Leipzig, 1882
- Helmholtz v H (1883) Bestimmung magnetischer Momente durch die Waage. Vorgelegt der Berliner Akademie am 5. April 1883
- Helmholtz v H (1883) Zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Folgerungen, die galvanische Polarisation betreffend. Vorgelegt der Berliner Akademie am 31. Mai 1883
- Helmholtz v H (1883) Wissenschaftliche Abhandlungen. Band II, Barth, Leipzig, 1883
- Helmholtz v H (1884) Studien zur Statistik monocyclischer Systeme. Vorgelegt der Berliner Akademie am 6. März, 27. März, 10. Juli 1884
- Helmholtz v H (1884) Verallgemeinerung der Sätze über die Statistik monocyclischer Systeme. Vorgelegt der Berliner Akademie am 18. December 1884
- Helmholtz v H (1884) Verallgemeinerung der Sätze über die Statistik monocyclischer Systeme. (Crelle's) J f die reine u angew Mathematik, Band 97
- Helmholtz v H (1885) Handbuch der physiologischen Optik, 2. Auflage
- Helmholtz v H (1885) Report on Sir William Thomson's mathematical and physical papers, Vol. I and II. Nature Vol. 32
- Helmholtz v H (1886) Ueber Wolken und Gewitterbildung. Vorgelegt der Physikalischen Gesellschaft am 22. October 1886
- Helmholtz v H (1886) Ueber die physikalische Bedeutung des Princip der kleinsten Wirkung. (Crelle's) J f die reine u angew Mathematik 100: 137-166; 213-222
- Helmholtz v H (1887) Ueber die Entdeckungsgeschichte des Princip der kleinsten Action. Rede, gehalten am 27. Januar 1887
- Helmholtz v H (1887) Versuch, um die Cohäsion von Flüssigkeiten zu zeigen. Vorgelegt der Physikalischen Gesellschaft am 4. Februar 1887
- Helmholtz v H (1887) Joseph Fraunhofer. Rede bei der Gedenkfeier zur hundertjährigen Wiederkehr seines Geburtstages. Gehalten am 6. März 1887

- Helmholtz v H (1887) Weitere Untersuchungen, die Elektrolyse des Wassers betreffend. Vorgelegt der Berliner Akademie am 28. Juli 1887
- Helmholtz v H (1887) Zu dem Bericht über die Untersuchung einer mit der Flüssigkeit Pictet arbeitenden Eismaschine, erstattet von Herrn Dr. Max Corsepius. Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 14. October 1887
- Helmholtz v H (1887) Weitere Untersuchungen, die Elektrolyse des Wassers betreffend. Wiedemann's Ann Physik, Band 34
- Helmholtz v H (1887) Zahlen und Messen erkenntnistheoretisch betrachtet. Philosophische Aufsätze. Leipzig, 1887
- Helmholtz v H (1887) Zur Geschichte des Princips der kleinsten Action. Sitzungsber Königl Preuss Akad Wiss zu Berlin. 10. März 1887, I, 225-236
- Helmholtz v H (1888) Ueber das Eigenlicht der Netzhaut. Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 2. November 1888
- Helmholtz v H (1888) Ueber atmosphärische Bewegungen. Vorgelegt der Berliner Akademie am 31. Mai 1888
- Helmholtz v H (1889) Zur Erinnerung an R. Clausius. Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 11. Januar 1889
- Helmholtz v H (1889) Ueber atmosphärische Bewegungen. Zweite Mitteilung. Vorgelegt der Berliner Akademie zu Berlin am 25. October 1889
- Helmholtz v H (1889) Über die Erhaltung der Kraft. Engelmann, Leipzig, 1889, 60 Seiten. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 1
- Helmholtz v H (1890) Die Energie der Wogen und des Windes. Vorgelegt der Berliner Akademie am 17. Juli 1890
- Helmholtz v H (1890) Die Energie der Wogen und des Windes. Wiedemann's Ann Physik, Band 41
- Helmholtz v H (1890) Denkschrift der Physikalisch-technischen Reichsanstalt am 13. December 1890
- Helmholtz v H (1891) Bemerkungen über die Vorbildung zum akademischen Studium. Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts. Berlin, 4 bis 17. December 1891
- Helmholtz v H (1891) Versuch einer erweiterten Anwendung des Fechnerschen Gesetzes im Farbensystem. Z Psychologie u Physiologie der Sinnesorgane, Band 3
- Helmholtz v H (1891) Versuch, das psychophysische Gesetz auf die Farbenunterschiede trichromatischer Augen anzuwenden. Z Psychologie u Physiologie der Sinnesorgane, Band 3
- Helmholtz v H (1892) Das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik. Vorgelegt der Berliner Akademie am 12. Mai 1892
- Helmholtz v H (1892) Goethe's Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen. Rede, gehalten in der Generalversammlung der Goethe-Gesellschaft zu Weimar am 11. Juni 1892. Gebrüder Paetel, Berlin, 1892, 55 Seiten
- Helmholtz v H (1892) Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung. Vorgelegt der Berliner Akademie am 15. December 1892
- Helmholtz v H (1892) Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung. Wiedemann's Ann Physik, Band 48
- Helmholtz v H (1892) Zusätze und Berichtigungen zu dem Aufsatz: Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung. Wiedemann's Ann Physik, Band 48
- Helmholtz v H (1893) Adresse an Herrn E du Bois-Reymond bei Gelegenheit seines 50jährigen Doctorjubiläums verfasst im Auftrage der Königlichen Akademie der Wissenschaften am 16. Februar 1893
- Helmholtz v H (1893) Folgerungen aus Maxwell's Theorie über die Bewegungen des reinen Aethers. Vorgelegt der Berliner Akademie am 6. Juli 1893
- Helmholtz v H (1893) Nachtrag zu dem Aufsatz: Ueber das Prinzip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik. Vorgelegt der Berliner Akademie am 14. Juni 1894
- Helmholtz v H (1894) Ueber den Ursprung der richtigen Deutung unserer Sinneseindrücke. Z Psychologie u Physiologie der Sinnesorgane, Band 7
- Hertz H (1894) Gesammelte Werke von Heinrich Hertz. Bd. 3. Die Prinzipien der Mechanik : in neuem Zusammenhange dargestellt. Mit einem Vorworte von H. von Helmholtz. Barth, Leipzig, 1892, 312 Seiten
- Helmholtz v H (1896) Zwei hydrodynamische Abhandlungen. Hrsg.: Albert Wangerin. Engelmann, Leipzig, 1896. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 79
- Helmholtz v H (1896) Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. Engelmann, Leipzig, 1896, 131 Seiten. Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 80
- Helmholtz v H (1884-1903) Vorträge und Reden. Vieweg, Braunschweig, 1884-1903