

Von Glasgow aus begab er sich mit Thomson zu den akademischen Feierlichkeiten in Edinburgh, wo ihm die ehrenvolle Aufgabe zufiel, bei dem grossen Festessen den auf die fremden Gäste ausgebrachten Toast zu beantworten und auf einer Reception der Studenten unter stürmischem Jubel dieselben anzureden.

Nach Berlin zurückgekehrt, wo er wieder eine Reihe von Auszeichnungen und Ehrungen vorfand, machte er sich sogleich an die für die Akademie bestimmte Ausarbeitung seiner Untersuchungen und bereitet alles zur Drucklegung seiner grossen Arbeit im Crelle'schen Journal vor. Schon am 2. Juli 1884 kann er Kronecker melden:

„Verehrter Freund, können Sie mir noch etwa zwei Seiten am Schluss des Heftes aufbewahren, in welches meine monocyklischen Systeme kommen? Ich habe jetzt den Beweis gefunden dafür, dass die lebendige Kraft immer integrierender Nenner der monocyklischen Systeme sein muss, der nur am Schlusse des §. 5 meiner Abhandlung noch fehlte. Ich hoffe Ihnen bis morgen Nachmittag das Manuskript liefern zu können. Die Zeit, wenn der letzte Correcturbogen zur Post gegangen ist, scheint besonders gefährlich zu sein für die Einsicht, wie leicht man es hätte besser machen können.“

Am 10. November 1884 verheirathete sich seine Tochter Ellen mit Arnold Wilhelm von Siemens, dem am 13. November 1853 geborenen ältesten Sohne von Werner von Siemens. Nach fast vierzig Jahren enger Freundschaft bereitete dieses Band dem Leben beider Männer eine grosse Herzensfreude.

Die Arbeiten von Helmholtz „Studien zur Statik monocyklischer Systeme“, welche in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom 6. März, 27. März und 10. Juli 1884 niedergelegt sind, „Verallgemeinerung der Sätze über die Statik monocyklischer Systeme“ in den Berliner Sitzungsberichten vom 18. December 1884, sowie die „Principien

der Statik monocyclischer Systeme“ im Crelle'schen Journal vom Jahre 1884 stehen im engsten Zusammenhange mit der Arbeit „Ueber die physikalische Bedeutung des Princip der kleinsten Wirkung“ in demselben Journal vom Jahre 1886. Diese letzten Arbeiten finden wiederum eine wesentliche Ergänzung durch die in den Berliner Sitzungsberichten vom 10. März 1887 veröffentlichte Note „Zur Geschichte des Princip der kleinsten Action“, noch eingehender durch die von Helmholtz in der öffentlichen Sitzung der Akademie am 27. Januar 1887 gehaltene Rede, deren vollständige Drucklegung er unterliess, weil — was erst nachher zu seiner Kenntniss kam — Adolph Mayer in Leipzig eine ausführliche und gründliche Erörterung der Geschichte des Princip der kleinsten Wirkung in seiner akademischen Antrittsrede bereits veröffentlicht hatte. Die von Helmholtz gehaltene, durch Form und Inhalt gleich ausgezeichnete Rede wurde nach seinem Tode mit Zustimmung seiner Frau in die Geschichte der Akademie — und zwar in den zweiten Band (Urkunden und Actenstücke) — aufgenommen, welche zur zweihundertjährigen Jubelfeier derselben im Jahre 1900 herausgegeben wurde.

Die in diesen Arbeiten niedergelegten fundamentalen Untersuchungen, welche für Hertz Anregung und Ausgangspunkt für dessen „Principien der Mechanik“ bildeten, und welche in ihrer ungeheuren Tragweite wegen der Schwierigkeit der Probleme an sich sowie wegen der Gedrängtheit der Darstellung bis heute noch nicht in weite Kreise der Naturforscher einzudringen vermochten, sind durchaus mathematischer Natur; doch sind alle rein mathematischen Probleme bei der Verallgemeinerung der mechanischen Principien, wie es Helmholtz stets in seinen mathematisch-physikalischen Arbeiten liebte, immer nur soweit behandelt, als die Anwendung auf physikalische Fragen es erforderte und zweckmässig erscheinen liess. Eine Skizzirung all' dieser Arbeiten kann, da sie an dieser Stelle der mathematischen

Sprache entbehren muss, nur in allgemeinen Zügen gegeben werden.

„Ein Gesetz, welches sämtliche Veränderungen in der Natur unter sich zusammenfassen soll, wird nothwendig mit Begriffen der abstractesten Art rechnen müssen, aus deren Fassung alles herausgefallen ist, was sich auf die besonderen Eigenschaften der uns bekannten Naturkörper bezieht, ja meistens muss man in einem solchen Falle neue abstracte Begriffe zu dem besonderen Zwecke erst bilden, unter die dann derjenige, der sie zum ersten Male definiren hört, keine Anschauungen und Erfahrungen unterbringen, d. h. wobei er sich nach volksthümlicher Redeweise nichts denken kann.“

Leibniz hatte als Arbeitsäquivalent alles in der Natur definirt, was als Triebkraft wirksam werden, oder, um gleich ein Maass zu gewinnen, ein Gewicht heben kann, und als Maass der Arbeit das Product aus der Schwere des Gewichts und der Höhe, zu der es gehoben wurde, definirt. Wir nennen dies die potentielle Energie des Gewichtes, weil es beim Fallen diese Arbeit zu leisten im Stande ist; ebenso wird, wie schon früher erläutert worden, für alle anderen Kräfte und beliebige Wege des angegriffenen Körpers die potentielle Energie berechnet, indem nur die Kraft durch ihre Projection nach der Richtung des Weges zu ersetzen ist. Leibniz hatte aber auch schon die zweite Hauptform der Arbeitsäquivalente wägbarer Körper kennen gelehrt, nämlich die lebendige Kraft der bewegten Massen oder die actuelle Energie, und findet ihren Werth gleich der Hälfte des Productes aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit; das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft sagte aus, dass in einem beliebig zusammengesetzten Aggregat von Naturkörpern, auf welche nur solche Kräfte wirken, die von festen Centren ausgehen, die Summe der actuellen oder kinetischen und potentiellen Energie constant ist. Erst als man anfang, die Arbeitsäquivalente zu unter-

suchen, welche gewonnen oder verwendet werden müssen, um Imponderabilien in Thätigkeit zu setzen, waren Robert Mayer und Helmholtz zur Ueberzeugung von der Allgemeingültigkeit des Gesetzes der Energie für alle Naturvorgänge der leblosen wie der lebenden Welt, also zum Gesetze von der Erhaltung der Kraft gelangt. Nun ist es aber die Aufgabe der Physik, die Erscheinungen der Natur auf die einfachsten Gesetze der Mechanik zurückzuführen, und es entstand demnach zunächst die wichtige Frage, wie baut sich die Mechanik selbst in der einfachsten Weise auf, und welches sind, wie Hertz es ausdrückt, die letzten und einfachsten Gesetze derselben, denen jede natürliche Bewegung gehorcht, die keine Bewegung zulassen, deren Vorkommen in der Natur schon nach dem Standpunkt unserer heutigen Erfahrung ausgeschlossen ist, und aus denen sich, als den eigentlichen Principien der Mechanik, ohne weitere Berufung auf die Erfahrung die gesamte Mechanik rein deductiv entwickeln lässt.

Die Auffindung des Principis von der Erhaltung der Energie ermöglichte nun einen einheitlichen Aufbau der theoretischen Mechanik. Der Begriff der Kraft rückte in den Hintergrund, Masse und Energie traten als gegebene unzerstörbare physikalische Grössen auf. Die vorhandene Energie ergab sich aus zwei Theilen zusammengesetzt, von denen der eine, die kinetische Energie, durch eine in allen Fällen gleiche Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten der bewegten Massen gegeben, der andere, die potentielle Energie, durch die gegenseitige Lage der Massen bestimmt, aber in jedem Falle erst aus deren besonderer Natur zu ermitteln ist. Die Discussion der verschiedenen Formen der Energie sowie der Bedingung der Ueberführung von einer Form in die andere bildet nach Hertz den Inhalt der gesamten Physik und Chemie.

Aus dem Gesetz von der Constanz der Summe der actuellen und potentiellen Energie hatte sich unmittelbar

die wichtige Folgerung ergeben, dass, wenn ein System von Körpern sich in einer solchen Lage ruhend befindet, von der aus jede mit den Zwangsbedingungen des Systems verträgliche Bewegung in eine Lage mit höherer potentieller Energie führt, keine lebendige Kraft, also keine Bewegung der Körper entstehen kann; es muss somit in einer solchen Lage, in der die potentielle Energie ein Minimum ist, stabiles Gleichgewicht stattfinden. Das Gesetz von der Constanz der Energie sagt uns aber für den Fall der Bewegung nichts darüber aus, durch welche Reihe von Lagen nach einander das System hindurchgehen werde, um von einer gegebenen Anfangslage in eine gegebene Endlage zu kommen; gerade darüber giebt das Princip der kleinsten Action Aufschluss.

Leibniz hatte sich schon die Frage nach der Leistung des Beharrungsvermögens vorgelegt, welche den mit Masse gefüllten Raum von den geometrischen Körpern unterscheidet; er fand, dass diese Leistung um so grösser, je grösser die fortbewegte Masse, je länger die Wegstrecke, durch welche sie fortbewegt ist, und je grösser die Geschwindigkeit, mit der sie sich fortbewegt. Es ergab sich somit als Maass der Action das Product aus Masse, Weglänge und Geschwindigkeit, oder, was dasselbe ist, aus lebendiger Kraft und Zeit. Man erhält nun eine Regel, durch welche alle möglichen Bewegungen beliebiger Mengen träger Körper unter der Einwirkung conservativer Bewegungskräfte, die sie theils gegenseitig ausüben, theils von festen Centren aus auf sie ausgeübt werden, vollständig umfasst und dargestellt werden in dem Princip der kleinsten Wirkung. Dasselbe sagt aus, dass, wenn ein solches Körpersystem aus einer gegebenen Anfangslage in eine gegebene Endlage mit vorgeschriebenem Werthe der Energie übergeht, für die freie ungestörte Bewegung desselben die Action ein Grenzwert, und zwar für kurze Abschnitte der Bewegung ein Minimum ist. Es führt hiernach die Trägheit bei gegebenem Werthe der Energie die bewegten Massen immer auf solchem Wege zum Ziele, wo der

Trägheit, wenigstens für kurze Wegstrecken, das kleinste Maass der Leistung zufällt. Um den mathematischen Begriff des Grenzwertes zu definiren, sagt Helmholtz:

„Für einen Wanderer, der ein Gebirge übersteigen will, ist die Passhöhe eines Gebirgskammes allerdings das Maximum der Höhe, bis zu dem er steigen muss, aber auf jeder anderen Uebergangsstelle würde er noch höher zu steigen haben. Man bezeichnet dies mathematisch als ein Maximo-Minimum der Höhe und fasst solche Werthe und die vollständigen Minima und Maxima der veränderlichen Grössen zusammen unter dem Namen der Grenzwerte derselben.“

So lange man nun dieses Princip nur auf die deutlich erkennbaren Bewegungen wägbarer Körper anwandte, schien es keinen anderen realen Inhalt zu haben, als den, welcher in Newton's Bewegungsgleichungen niedergelegt war, aber es zeigte sich sehr bald von viel grösserer Bedeutung, als man auf die Untersuchung von Körpern geführt wurde, in deren Innern dauernde verborgene Bewegungen vor sich gehen. Helmholtz sieht bei der Formulirung des Princip der kleinsten Action für den Ablauf aller Naturprocesse ein fundamentales theoretisches Interesse darin, dass aus demselben die Kraftcomponenten, mit denen die Mechanik ursprünglich rechnete, ganz verschwunden sind, und

„nur noch die Rede ist von den beiden Hauptformen der Energie, deren Gesamtwertb unveränderlich und ewig ist, die aber in den mannigfaltigsten Erscheinungsformen in den Naturkörpern hin und her wallt. Den Verlauf dieses Hin- und Herwallens der Energie bringt dieses Princip unter eine kurze, aber alles umfassende Regel, und damit macht es alles Geschehen in der Welt ganz allein und vollständig abhängig von der zeitigen Vertheilung der Energie“.

Als erstes hervorragendes Beispiel für die Anwendung des Princip der kleinsten Action auf die Untersuchung von Körpern, in deren Innern verborgene Bewegungen vor sich

gehen, führt Helmholtz die „anfangs ganz wunderlich und unverständlich erscheinenden Gesetze der mechanischen Wärmetheorie“ von Sadi Carnot, Clausius und Boltzmann an; er hebt hervor, dass F. E. Neumann die Gesetze der elektromagnetischen Wirkungen geschlossener galvanischer Ströme in dieselbe Ausdrucksform brachte, welche aus dem Princip der kleinsten Wirkung fließt, und bemerkt, dass alle Hypothesen von W. Weber, Cl. Maxwell, Riemann, C. Neumann und Clausius, die Wechselwirkungen vieler elektrischer Massen in Elementarwirkungen aufzulösen, wieder auf Rechnungsformen geführt haben, welche dem Princip der kleinsten Action entsprechen, wobei aber das, was der lebendigen Kraft und dem Beharrungsvermögen der Elektrizität entspricht, in anderer Form als für die wägbaren Körper sich ausdrückt. Begrenzt scheint Helmholtz die Gültigkeit des Principi bei den sogenannten irreversibeln Processen der Wärmeleitung, Wärmeerzeugung durch Reibung, elektrischen Widerstand u. s. w. nur deshalb, weil wir den unregelmässigen Bewegungen der einzelnen Atome weder zu folgen noch dieselben praktisch alle wieder in übereinstimmende Richtung zu lenken vermögen. Er hat in seinen nachher zu besprechenden Arbeiten über die monocyclischen Systeme zu zeigen versucht, dass sehr mannigfache Classen innerer Bewegung dem Gesetze der kleinsten Wirkung folgen müssen.

Die Hypothese, welche Helmholtz hier aufgestellt und nachher immer klarer und durchsichtiger hervortreten lässt, dass alle Erscheinungen in einheitlicher Weise zu Stande kommen durch Wirkung verborgener Massen, durch verborgene Bewegung und starre Verbindungen, kleidet später Hertz, ganz im Anschluss an diesen grundlegenden Gedanken von Helmholtz, welcher den wesentlichen Fortschritt in der neueren Mechanik bezeichnet, in die correcte Form der freilich noch etwas weitergehenden Annahme:

„dass die Mannigfaltigkeit der wirklichen Welt grösser

ist als die Mannigfaltigkeit der Welt, welche sich unseren Sinnen offenbart; wir geben zu, dass ein verborgenes Etwas mitwirke, aber wir leugnen, dass dies Wesen besonderer Art, wie die Begriffe der Kraft und Energie, sind; das Verborgene soll wiederum Bewegung und Masse sein, welche sich von der sichtbaren nicht an sich, sondern nur in Beziehung auf uns und unsere gewöhnlichen Mittel der Wahrnehmung unterscheiden — Kraft und Energie ist dann nur eine Wirkung von Masse und Bewegung, aber nicht immer grobsinnlich wahrnehmbar.“

Helmholtz giebt in seiner Akademierede in fesselnder Weise eine Geschichte des Principis der kleinsten Wirkung und geht vor Allem auf die Arbeiten von Maupertuis über dasselbe ein, der „in hervorragender Weise das war, was wir einen geistreichen Mann zu nennen pflegen, mit allen Vorzügen und Fehlern eines solchen“. Er zeigt das Unbestimmte und Unklare in der Ansicht von Maupertuis, welcher durch jenes Princip die Forderung der Metaphysik befriedigt sieht, nach der die Natur in der Hervorbringung ihrer Wirkungen immer die einfachsten Mittel brauche, und welcher meint, ermitteln zu müssen, welche Grössen bei den Naturvorgängen ein Minimum würden; das seien die, welche die Natur zu ersparen strebe, und dadurch könne man die Absichten ermitteln, welche die Natur verfolge. Maupertuis geht sogar so weit, zu verkünden, dass das von ihm entdeckte Princip von der kleinsten Action den ersten bindenden und unwiderleglichen Beweis für das Dasein Gottes als eines intelligenten Weltlenkers gebe. Mit Bezug auf diese metaphysischen Betrachtungen Maupertuis' macht Helmholtz im Hinweis auf die von ihm hervorgehobene Auseinanderhaltung des Grenzwertes und des Minimums in einer seiner Aufzeichnungen die scherzhafte Bemerkung: „Wenn man, wie in dieser Formulirung, die Trägheit gleichsam personificirt, so ziemt es sich auch, dass sie kurzsichtig sei und nur für die nächste kurze Zeit sorgt.“

Den Ruhm der ersten, wenn auch ganz unbestimmten Formulirung des Principis spricht Helmholtz zwar Maupertuis zu, aber er wirft ihm mit Recht Unklarheit und Mangel an strenger Deduction vor.

„Die alte sokratische Forderung an jeden Philosophen, d. h. Mann der Wissenschaft, dass er sich klar machen müsse, was er weiss, hat er in gröblichster Weise missachtet. Er musste wissen, dass er das Princip, welches er als unumstösslich richtig vortrug, weder als wahr zu erweisen, noch auch nur klar auf Beispiele mannigfacher Art anzuwenden im Stande war. In Selbstbewunderung versunken hielt er sich für berechtigt, es nur wie ein Prophet zu verkünden, ein tragisches Beispiel, wie ein ursprünglich begabter Geist, durch Eitelkeit und die lockere Disciplin des sogenannten metaphysischen Denkens verführt, sich zu Grenzen hin verirren kann, wo sogar die Zurechnungsfähigkeit zweifelhaft zu werden beginnt. Wenn er aber auch die Wahrheit nur gerathen hat, so ist es doch immer die Wahrheit, die er gerathen hat. Und sein felsenfester Glaube an die Möglichkeit, ein allgemeines Gesetz der Natur zu finden, hat seinen letzten Grund doch in dem richtigen Vertrauen auf die Gesetzmässigkeit der Natur, d. h. auf das Causalgesetz, welches der letzte Grund all' unseres Denkens und Handelns ist.“

In seiner Arbeit „Zur Geschichte des Principis der kleinsten Action“ geht nun Helmholtz auf eine Kritik der für dasselbe von Lagrange, Jacobi und Hamilton gegebenen Beweise ein. Er zeigt, dass, wenn bei der Vergleichung der benachbarten Wege mit dem wirklich von dem System befolgten für die anderen Wege nicht nur die Constanz der Energie, sondern auch derselbe Werth der Energieconstanten vorausgesetzt wird, zwar für die Gültigkeit des Principis die gleiche Anfangslage und Endlage für die verglichenen Bewegungen des Systems, aber nicht dieselbe Durchgangszeit verlangt werden kann; es muss somit

auch die Zeit als variirbar bei der analytischen Herleitung des Principis angenommen werden. Die Jacobi'sche Beweisform ist für ein vollständig bekanntes, in sich abgeschlossenes Körpersystem physikalisch stets als gültig anzusehen. Die Hamilton'sche Form des Principis, die nachher Erwähnung finden wird, gestattet dagegen, die Bewegungsgleichungen auch für unvollständig abgeschlossene Systeme durchzuführen, auf welche veränderliche äussere Einflüsse wirken, die von einer Rückwirkung des bewegten Systems unabhängig angesehen werden können, wie z. B. in dem Falle der von festen Centren ausgehenden Kräfte.

„Jedenfalls scheint mir die Allgemeinheit des Principis der kleinsten Wirkung so weit gesichert, dass es als heuristisches Princip und als Leitfaden für das Bestreben, die Gesetze neuer Classen von Erscheinungen zu formuliren, einen hohen Werth in Anspruch nehmen darf.“

Helmholtz legt nun zum Zwecke tiefer eindringender Untersuchungen das Princip der kleinsten Wirkung in der von Hamilton aufgestellten Form zu Grunde, wonach der für gleiche Zeitelemente berechnete negative Mittelwerth der Differenz der potentiellen und actuellen Energie — des kinetischen Potentials — auf dem wirklichen Wege des Systems ein Minimum, für längere Strecken ein Grenzwert ist im Vergleich mit allen benachbarten Wegen, die in gleicher Zeit aus der Anfangslage in die Endlage führen. Er entwickelt, ohne actuelle und potentielle Energie zu trennen, den analytischen Ausdruck für dieses Princip mit möglichster Freiheit für die Natur des kinetischen Potentials und leitet daraus die Form der Lagrange'schen Bewegungsgleichungen her, indem er zeigt, dass auch schon in der Mechanik wägbarer Massen unter specieller Annahme und bei Elimination einzelner Parameter des Problems solche allgemeinere Formen eintreten können, welche die beiden Energien nicht gesondert enthalten. Auch unter dieser sehr allgemeinen Annahme leitet er den

Satz von der Constanz der Energie ab, und findet, dass nicht umgekehrt in jedem Falle, wo die Constanz der Energie gewahrt ist, auch das Princip der kleinsten Wirkung gelte. „Das letztere sagt mehr aus, als das erstere, und zu finden, was er mehr aussagt, ist unsere Aufgabe.“ Unter der Annahme der Gültigkeit des Principes der kleinsten Wirkung zeigt er, wie man aus der vollständigen Kenntniss der Abhängigkeit der Energie von den Coordinaten und den Geschwindigkeiten Werthe für das kinetische Potential und somit alle Bewegungsgesetze des Systems finden kann. In der Mechanik wägbarer Körper ist das kinetische Potential eine homogene Function zweiten Grades der Geschwindigkeiten, doch können unter gewissen Voraussetzungen durch Elimination der Coordinaten sich die Lagrange'schen Bewegungsgleichungen für die übrig bleibenden Coordinaten in genau derselben Form jedoch für ein kinetisches Potential darstellen, worin die Geschwindigkeiten auch linear vorkommen. Dieser in der Mechanik wägbarer Körper gegebenen Analogie gemäss bezeichnet Helmholtz auch andere Fälle physikalischer Vorgänge, in denen das kinetische Potential Glieder enthält, die in den Geschwindigkeiten linear sind, als Fälle mit verborgener Bewegung; die Fälle unterscheiden sich von denen, wo das kinetische Potential die Geschwindigkeiten nur in Gliedern zweiten Grades enthält, wesentlich dadurch, dass die Bewegung nicht unter gleichen Umständen rückläufig vor sich gehen kann, wenn nicht die verborgenen Bewegungen gleichzeitig umgekehrt werden.

Er behandelt sodann unter den gemachten allgemeinen Voraussetzungen die Wechselbeziehungen zwischen den Kräften, die das System gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen hin ausübt, und seinen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten, welche eine Reihe der interessantesten Verknüpfungen physikalischer Erscheinungen umfassen, wie z. B. den Satz der Thermodynamik: wenn Steigerung

der Temperatur den Druck eines Körpersystems steigert, wird Compression desselben die Temperatur steigern; ferner, wenn Erwärmung einer Stelle einer geschlossenen Leitung einen elektrischen Strom hervorbringt, wird derselbe Strom dort Kälte entwickeln, wenn von der Erwärmung durch den Leitungswiderstand abgesehen wird, und andere mehr. Nachdem er aus den erweiterten Lagrange'schen Gleichungen die nothwendigen Bedingungen für das erweiterte kinetische Potential abgeleitet, spricht er den Satz aus, dass diese Bedingungen auch die für die Existenz des kinetischen Potentials hinreichenden sind, behält sich aber den Beweis dieses Satzes für eine andere Gelegenheit vor; wir finden in seinem Nachlass Näheres über die hierfür gewählte Beweismethode, doch kam er in Betreff dieses Punktes zu keinem ihn befriedigenden Resultate. Am 25. April 1886 schreibt er von Baden-Baden aus an Krockner:

„Ihre Karte aus Berlin mit der für mein Manuscript angegebenen Adresse habe ich erhalten und nun auch hier Ihren Brief vom 21. d. M. aus Florenz. In der That ist mein Manuscript zwar grösstentheils schon mit Seitenzahlen versehen, aber ich bin noch hängen geblieben an einem Punkte, für welchen ich noch einen Aufsatz von Lipschitz nachsehen musste, den ich von Königsberger hierher gesandt erhalten habe. Ich bitte Sie aber, warten Sie nicht mit dem Fortgang des Druckes auf mich; das beängstigt mich. Ich kann auch ebenso gut im 3. oder 4. Heft erscheinen. Ich bin durch den Versuch, meine Sätze umzukehren, in die Theorie der Potentialfunctionen von vielen Dimensionen hineingerathen, wo man sehr vorsichtig vorwärts gehen muss, und weiss noch nicht, ob ich die betreffenden Erörterungen als Excurs in den Hauptaufsatz nehme oder absondere. Aber auch im zweiten Falle muss ich den Excurs erst fertig ausgearbeitet haben. . . . Der Anfang von Boltzmann's Aufsatz enthält sehr inter-

essante Betrachtungen, denen ich auch einmal eine Weile früher nachgegangen bin, ohne zu einem rechten Ende zu kommen; übrigens bin ich beruhigt, da ich sehe, dass Boltzmann auch nicht viel weiter gekommen ist.“

Hamilton hatte die Lagrange'schen Bewegungsgleichungen durch ein System totaler Differentialgleichungen erster Ordnung ersetzt, welche die nach der Zeit genommenen totalen Differentialquotienten der freien Coordinaten und einer gleichen Anzahl aus der lebendigen Kraft abgeleiteten Grössen — Bewegungsmomente — als partielle Differentialquotienten des Energievorraths nach diesen Grössen liefern; Helmholtz verallgemeinert für eine beliebige Form des kinetischen Potentials die Form der entsprechenden Hamilton'schen Differentialgleichungen. Und nun macht er von der aufgestellten Theorie Anwendungen auf die Reciprocitätsgesetze für die durch kleine Anstösse nach Ablauf einer bestimmten Zeit erfolgenden Aenderungen der rechtläufigen und rückläufigen Bewegung. Umkehrbar nennt er die Bewegung des Systems, wenn die Reihe der Lagen, die es bei rechtläufiger Bewegung durchgemacht hat, auch rückwärts durchlaufen werden kann ohne Eingriff anderer Kräfte und mit denselben Zwischenzeiten für jedes Paar gleicher Lagen. So gelangt er zu Reciprocitätsgesetzen, von welchen die längst von ihm für Schall und Licht, aber nur für ruhende Systeme, nachgewiesenen nur specielle Fälle sind. Wie man früher schon die Kräfte der Wärme auf die verborgenen Bewegungen greifbarer Massen zurückgeführt hatte, und wie Maxwell in den elektrodynamischen Kräften die Wirkung der Bewegung verborgener Massen erkannte, so wollte Helmholtz nun allgemein Bewegung und Energie solch verborgener Massen in die Behandlung physikalischer Probleme einführen, da er in dem hinter den Dingen liegenden Unsichtbaren nichts anderes als Bewegung und Masse sah, welche nur für unsere Sinne nicht nachweisbar sind. Und so wählte er zur Darstellung der gesamten Bewegung

das Princip der kleinsten Wirkung, welches zulässt, dass auf das mechanische System, dessen innere Kräfte als von der Zeit unabhängige Differentialquotienten von Kräftefunctionen der sichtbaren Coordinaten des Systems darstellbar sind, noch äussere von der Zeit abhängige Kräfte wirken, deren Arbeit besonders berechnet wird, welche also nicht zu den conservativen Bewegungskräften gehören, sondern durch andere physikalische Processe bedingt sind.

Die wesentliche Veranlassung zu diesen allgemeinen Betrachtungen war für Helmholtz die Untersuchung der Form des kinetischen Potentials gewesen, welches Maxwell's Theorie der Elektrodynamik fordert; in diesem treten die Geschwindigkeiten der Elektrizität in einer Function zweiten Grades auf, deren Coefficienten aber nicht Constanten werden, wie es die Massen in dem Werthe der lebendigen Kraft ponderabler Systeme sind, und es treten ausserdem lineare Functionen der Geschwindigkeiten hinzu, sobald permanente Magnete in Wirkung kommen. Da nun auch die Erscheinungen des Lichts sich im Wesentlichen durch die Hypothese erklären lassen, dass der Aether ein Medium von ähnlichen Eigenschaften ist wie die festelastischen wägbaren Körper, und somit das Princip der kleinsten Wirkung für die Lichtbewegung jedenfalls als gültig angesehen werden muss, so betrachtete Helmholtz schon damals den Gültigkeitsbereich des Principis der kleinsten Wirkung weit über die Grenze der Mechanik wägbarer Körper hinausgehend, und hielt es für höchst wahrscheinlich, dass es das allgemeine Gesetz aller reversibeln Naturprocesse sei.

Es darf an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass Boltzmann bereits im Jahre 1866 in einer damals ziemlich unbemerkt gebliebenen, selbst nicht zur Kenntniss von Clausius gekommenen Arbeit „Ueber die mechanische Bedeutung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie“ einen Satz für die Mechanik wägbarer Massen entwickelt hat, welcher dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre ebenso analog

ist, wie das Princip der lebendigen Kraft dem ersten, und dass, wie Boltzmann mir im Jahre 1896 schrieb, er schon 1867 seinem Collegen Loschmidt von Stefan mit den Worten vorgestellt wurde: „Herr Boltzmann, der Entdecker der physikalischen Bedeutung des Princip der kleinsten Wirkung.“ Welche Ausdehnung und Macht Helmholtz diesem Princip für alle Theile der Physik beilegte und durch streng mathematische Deductionen auch wirklich verschaffte, lassen seine früheren, sowie die noch weiter folgenden Arbeiten immer deutlicher hervortreten; ähnliches bezweckten die ziemlich gleichzeitig von J. J. Thomson angestellten Untersuchungen.

Helmholtz war auf die besprochenen allgemeinen Untersuchungen, welche die Erweiterung der mechanischen Principien im Auge hatten, durch specielle Fälle geführt worden, welche ihn kurz zuvor schon zu einer, wenn auch nicht so ausgedehnten Verallgemeinerung gelangen liessen, und diese Untersuchungen waren in den oben bezeichneten Arbeiten über die Principien der Statik monocyclischer Systeme im Jahre 1884 niedergelegt worden. Er versteht unter monocyclischen Systemen solche mechanische Systeme, in deren Innerem eine oder mehrere stationäre, in sich zurücklaufende Bewegungen vorkommen, die aber, wenn es mehrere sind, in ihrer Geschwindigkeit nur von einem Parameter abhängen, während die Systeme für den Fall mehrerer unabhängiger Parameter polycyclische genannt werden. Dabei soll eine stationäre Bewegung eine solche sein — wie er ausdrücklich einer Kritik von Clausius gegenüber hervorhebt, der die Fehlerhaftigkeit der Helmholtzschen Resultate mit Unrecht nachzuweisen sucht —, bei welcher an demselben Orte dauernd dieselbe Geschwindigkeit gleichartiger bewegter Theile sich findet, wie bei der Bewegung eines rotirenden Kreisels oder bei dem Strome reibungsloser Flüssigkeit in einem ringförmigen Canal. Weiter wird vorausgesetzt, dass die zwischen den Körpern

des Systems wirkenden Kräfte conservative sind, und ferner sollen die zu behandelnden Aufgaben statische in dem Sinne sein, dass Aenderungen im Zustande des Systems zwar nicht ausgeschlossen sind, dass dieselben aber so langsam vor sich gehen, dass das System sich niemals merklich aus den Zuständen entfernt, in denen es dauernd beharren könnte — Annahmen, welche auch Clausius stillschweigend für die sämtlichen Sätze, welche er über die reversibeln Umwandlungen der Wärme aufgestellt hat, zu Grunde legte. Helmholtz hebt hervor, dass die Wärmebewegung nicht in strengem Sinne monocyklisch ist, da jedes einzelne Atom wahrscheinlich fortdauernd in der Art seiner Bewegung wechselt; aber dadurch, dass in einer ungeheuer grossen Anzahl von Atomen stets alle möglichen Stadien der Bewegung repräsentirt sind, wenn auch jedes einzelne Stadium bald von diesem, bald von jenem Atom ausgeführt wird, tritt der mechanische Charakter einer monocyklischen Bewegung hervor.

Er bezeichnet es nun als das Ziel seiner Untersuchung, nachzuweisen, dass eine Classe von mechanisch vollkommen verständlichen Bewegungen besteht, bei der ähnliche Beschränkungen der Umwandlung von Arbeitsäquivalenten vorkommen, wie sie der zweite Hauptsatz für die Wärmebewegung ausspricht. Doch verwahrt sich Helmholtz gegen den Vorwurf von Clausius, als ob er den Anspruch erhoben hätte, eine Erklärung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie gegeben zu haben; es handelt sich für ihn bei der Wahl der Beispiele monocyklischer Bewegungen nur um deren vollständige mechanische Verständlichkeit.

„Auf eine Kritik wissenschaftlicher Sätze und Principien zu erwidern“, sagt er später bei anderer Gelegenheit, „habe ich der Regel nach nur dann für nöthig gehalten, wenn neue Thatsachen beizubringen oder Missverständnisse aufzuklären waren, in der Erwartung, dass, wenn alle Data

gegeben sind, die wissenschaftlichen Fachgenossen schliesslich sich ihr Urtheil zu bilden wissen auch ohne die weitläufigen Auseinandersetzungen und sophistischen Künste der streitenden Gegner.“

Helmholtz entwickelt zunächst die allgemeinen Bewegungsgleichungen der Mechanik für polycyclische Systeme; unter den gemachten Voraussetzungen und unter der Annahme, dass eine oder mehrere der äusseren Kräfte, welche auf das System wirken, dauernd gleich Null sind, gelingt es ihm, wie wir schon oben hervorgehoben haben, durch Elimination einzelner Coordinaten für die übrig bleibenden wieder Gleichungen genau von der Lagrange'schen Form zu finden, und er nennt im Gegensatz zu dem ursprünglichen vollständigen System das nach Elimination jener Coordinaten resultirende das unvollständige System. Diese Untersuchungen werden nun für den allgemeinen Fall der monocyklischen Bewegung specialisirt, bei welcher mehrere Geschwindigkeiten vorhanden sind, die aber alle nur von einer derselben abhängen. Helmholtz denkt sich nun feste Verbindungen von einer derartigen Wirkung angenommen, dass sie diejenigen Bewegungen, welche von selbst unter dem Spiel der einwirkenden Kräfte entsprechend den Gleichungen der Verbindung verlaufen würden, gar nicht beeinflusst, dass sie aber beginnenden Abweichungen allemal solche Kräfte entgegenstellt, als nöthig sind, die Abweichung zu verhindern; die von der festen Verbindung ausgehenden Kräfte fügen somit keinen Arbeitsbetrag zu dem der von aussen einwirkenden Kräfte hinzu. Helmholtz nennt das System nach Einführung dieser festen Verbindungen das gefesselte System. Aus der Beziehung, dass die auf Beschleunigung der Bewegung des gefesselten Systems verwendete Arbeit gleich der Summe der im ungefesselten bei den gleichen Geschwindigkeitsänderungen verwendeten Arbeit ist, werden zwei Gleichungen hergeleitet, die analog sind den beiden Carnot-Clausius'schen Be-

ziehungen in der Wärmetheorie. Die erste derselben sagt aus, dass die während einer verschwindend kleinen Aenderung der absoluten Temperatur und der Parameter in das System eingetretene, durch ihr Arbeitsäquivalent gemessene Wärme gleich ist der Zunahme der gesammten Energie und der frei verwandelbaren, nicht in Wärme übergeführten Arbeit, welche das System bei Aenderung der Parameter nach aussen hin abgibt, — vorausgesetzt, dass Aenderung der Temperatur ohne Aenderung der Parameter die Einnahme oder Ausgabe keiner anderen Arbeitsform als eines Quantum Wärme bedingt; die zweite Beziehung findet dieselbe Grösse gleich dem Producte der Temperatur mit der Zunahme einer Grösse, welche Clausius die Entropie genannt hat, während Helmholtz den Factor, der hier die Temperatur oder eine Function derselben ist, den integrierenden Nenner nennt.

Genau dieselben Beziehungen gelten nun für die monocyclischen Systeme, und daher auch alle Folgerungen über die beschränkte Verwandlungsfähigkeit. Da nun in der Wärmetheorie die Temperatur, welche den integrierenden Nenner bildet, nach der kinetischen Gastheorie der lebendigen Kraft der inneren Bewegung proportional ist, und Helmholtz die von Clausius und Boltzmann aufgestellte Hypothese für sehr wahrscheinlich hält, dass dies auch in allen anderen Körpern der Fall ist, so legt er sich die Frage nach den Bedingungen vor, unter welchen für monocyclische Systeme mit festen Verbindungen der bewegten Theile, so wie es für einfache monocyclische Systeme der Fall ist, die lebendige Kraft integrierender Nenner ist. Er findet als Bedingung, dass die Entropie des gefesselten Systems eine homogene Function ersten Grades der Bewegungsmomente des ungefesselten Systems sei, woraus sich ergibt, dass, wenn das vollständige System der Parameter constant erhalten wird, die sämmtlichen Bewegungsmomente und Geschwindigkeiten des gefesselten Systems proportional

dem resultirenden Bewegungsmomente und der resultirenden Geschwindigkeit der inneren Bewegung wachsen müssen. Es zeigt sich, dass für alle bisher bekannten Fälle mechanischer Koppelung je zweier cyklischer Bewegungen die Bedingungen erfüllt sind, unter denen in dem zusammengesetzten monocyklischen Systeme die lebendige Kraft ein integrierender Nenner ist. Es gelingt ihm weiter, die besondere Art dieser festen Verbindungen zwischen den bewegten Theilen des Systems näher zu charakterisiren. Wenn man zwei ursprünglich von einander unabhängige monocyklische Systeme durch passende Regulirung der äusseren Kräfte in einen Zustand versetzt, der dieser bestimmten Art fester Verbindung entspricht, so kann man eine solche feste Verbindung zwischen ihnen eintreten lassen, ohne dadurch die vorhandene Bewegung zu stören, und kann sie von da ab bei eintretenden neuen Veränderungen der Kräfte unter Einhaltung dieser festen Verbindung sich weiter bewegen lassen — wieder der Wärmebewegung analog, bei welcher zwei Körper gleicher Temperatur ohne Veränderung ihrer inneren Bewegung in leitende Berührung gesetzt werden können, so dass sie bei neuen hinreichend langsamen Veränderungen gleiche Temperatur behalten. Diesen Zustand zeitweiliger fester Verbindung bezeichnet Helmholtz als Koppelung der Systeme. Als von besonderem Interesse hebt er den Fall hervor, wo zwischen zwei Systemen, welche gleiche Werthe eines ihrer integrierenden Nenner haben, eine mechanische Verbindung so hergestellt wird, dass, während diese Verbindung besteht, die Gleichheit dieser Nenner erhalten bleiben muss, wie es bei dem Contact zweier gleich temperirter Körper der Fall ist, wo die Temperatur integrierender Nenner der beiden Körper ist. Eine solche Art der Verbindung nennt Helmholtz eine isomere Koppelung. Es zeigt sich allgemein, dass, wenn monocyklische Systeme nur solche Verbindungen unter einander zulassen, für welche die oben genannten zwei Eigenthümlich-

keiten der Wärmebewegung gültig sind, dann auch die dritte durch das Carnot'sche Gesetz ausgesprochene wesentliche Eigenthümlichkeit der Wärme, die beschränkte Umwandlungsfähigkeit für sie gilt, und es werden jenen Bedingungen gemäss von Helmholtz die entsprechenden Charaktere der Koppelung entwickelt.

Schliesslich wird noch ein bisher nicht benutztes allgemeines Princip besprochen, welches den Charakter aller durch ponderable Naturkörper zwischen bewegten Körpern herstellbaren Verbindungen betrifft. Während man bei den älteren Untersuchungen mechanischer Probleme, wo feste Verbindungen angenommen wurden, darunter nur die Unveränderlichkeit bestimmter räumlicher Abmessungen verstand, handelt es sich hier um die Herstellung fester Verhältnisse zwischen Geschwindigkeiten. Indem er früher nur solche Verbindungen für die Gewinnung der Gleichungen des Problems verwendet hat, bei denen die Verbindungen gar keinen Einfluss haben, so lange die Bewegung schon an und für sich so vor sich geht, wie es diesen entspricht, und welche somit keine Arbeit erzeugen oder vernichten, wurde er bei der Behandlung der Frage nach den Fällen, in denen die lebendige Kraft integrierender Nenner des durch die Verbindungen entstehenden zusammengesetzten monocyklischen Systems wird, auf die Abgrenzung derjenigen Fälle geführt, die er als rein kinematische Verbindungen bezeichnet hat. Diese Unterscheidung führt er auf noch allgemeinere Betrachtungen zurück, und kommt unter anderem zu dem interessanten Satze, dass keine mit physischen Körpern herstellbare Art der Fesselung cyklischer Bewegungen vermeiden kann, jede beliebige proportionale Steigerung aller Geschwindigkeiten zuzulassen, wobei die Verhältnisse dieser Geschwindigkeiten zu einander unverändert bleiben, so lange alle Coordinaten ihren Werth constant halten. Die Aufgabe, die analytischen Ausdrücke solcher Verbindungen zu finden, die ein polycyklisches System monocyklisch machen, hatte Kronecker

ganz allgemein als Zusatz zur ersten Arbeit von Helmholtz rein analytisch behandelt; Helmholtz giebt nun hier die Integration der Fesselungsgleichungen für ein physisch vorhandenes System und vergleicht die Resultate mit den von Kronecker erhaltenen.

Die gleichzeitige Bearbeitung der neuen Auflage seiner physiologischen Optik gewährte ihm ein wenig Erholung von den überaus schwierigen, Körper und Geist aufs Aeusserste anspannenden Arbeiten; die erste Lieferung derselben erschien im Jahre 1885, die zweite und dritte im folgenden Jahre, die vierte 1887, die fünfte 1889, die sechste und siebente 1892, die achte 1894 und die Schlusslieferung erst 1895 nach seinem Tode. Er wurde im Laufe dieser Jahre wieder häufig zu weiteren Ausführungen und Verbesserungen der früher von ihm aufgestellten Theorien geführt und trat von Neuem mit einer grossen Anzahl von Gelehrten in eine rege Correspondenz über physiologisch-optische Probleme; so schreibt er am 2. März 1885 an Lord Rayleigh:

„Ich habe nie bezweifelt, dass unser Farbensystem von drei Variabeln und nicht mehr abhängt. . . . In Betreff der Farbenblindheit zeigen die neueren Beobachtungen von Donders und von meinem Assistenten Dr. A. Koenig, dass diese nicht einfach auf den Mangel einer der Grundfarben zurückgeführt werden kann, sondern dass zwei der Grundfarben (Roth und Grün) eine mehr gleichmässige Vertheilung im Spectrum zu gewinnen scheinen, wobei bald das eine, bald das andere den stärkeren Eindruck macht, oder die resultirende Curve sich bald mehr der des Roth, bald der der normalen Grünempfindung nähert. Ausserdem kommen alle Zwischengrade verminderten Unterscheidungsvermögens vor. In Folge dessen brauchen verschiedene Individuen sehr verschiedene Mengen Lithium- und Thalliumlicht, um Natriumlicht zusammenzusetzen. . . . Auf das elektrochemische Aequivalent des Silbers bin ich sehr gespannt, da ich mich auch während des letzten Winters bemüht habe, gute abso-

lute Messungsmethoden für galvanische Ströme auszubilden. . . . Ich muss sagen, dass ich das Halten von Collegien jetzt auch herzlich satt habe. Möglicher Weise bekommen wir jetzt hier in Folge einer Schenkung, die Dr. Werner Siemens gemacht hat, ein wissenschaftliches physikalisches Observatorium ohne Unterrichtszwecke, dessen Direction mir angeboten ist. Es entwickelt sich diese Sache nur zu langsam für das Alter von 63 Jahren, in dem ich stehe.“

Das Ende des Jahres 1885 brachte dem Helmholtz'schen Hause nach langer und schwerer Sorge um die Gesundheit des Sohnes Robert die grosse Freude, dass derselbe am 23. December mit einer sehr günstig beurtheilten Dissertation „Untersuchungen über Dämpfe und Nebel besonders über solche von Lösungen“ in Berlin sein Doctorexamen ablegte; schon im folgenden Jahre erschien seine Abhandlung „Die Aenderungen des Gefrierpunktes berechnet aus der Dampfspannung des Eises“ und wenige Monate später in den Annalen der Physik und Chemie seine „Versuche mit einem Dampfstrahl“, welche in der wissenschaftlichen Welt sehr beifällig aufgenommen wurden.

Noch im Jahre 1885 verfasste Helmholtz einen sehr interessanten „Report on Sir William Thomson's Mathematical and Physical Papers“ in der „Nature“, in dem er die genialen Arbeiten seines Freundes mit der grössten Bewunderung bespricht. Er sieht das grosse Verdienst in den wissenschaftlichen Methoden von Thomson darin, dass er folgend dem von Faraday gegebenen Beispiel so viel wie möglich Hypothesen über unbekannte Gegenstände vermeidet und sich bemüht, durch seine mathematische Behandlung der Probleme einfach das Gesetz von beobachtbaren Vorgängen auszudrücken. Durch diese Umschreibung seines Feldes hat Thomson stets die Analogie zwischen den verschiedenen Vorgängen der Natur viel deutlicher hervorgehoben als es der Fall wäre, wenn es complicirt würde

durch weit divergirende Ideen in Bezug auf den inneren Mechanismus der Phänomene.

In den letzten Tagen des Jahres 1885 erhielt Helmholtz von Donders die Mittheilung, dass die ophthalmologische Gesellschaft ihm die erste zum Andenken Albrecht von Graefe's gestiftete Medaille zugesprochen habe, und dass ihm dieselbe im Herbste des nächsten Jahres in Heidelberg überreicht werden sollte. Er antwortete Donders am 31. Januar 1886:

„Ueber die Ertheilung der Graefe-Medaille habe ich mich sehr gefreut, um so mehr, da lange Jahre vergangen waren, in denen ich die Ophthalmologen nicht mehr an mich erinnert habe . . . Das zweite Heft der physiologischen Optik wird in wenigen Tagen erscheinen und Ihnen zugehen. Die Farbenlehre, fürchte ich, wird einige Stockungen im Druck verursachen, da hat sich eine enorme Litteratur aufgehäuft. . . . Uns geht es im Ganzen gut; wenn ich auch einzelne kleine Unbequemlichkeiten des wachsenden Alters merke, so kann ich über Mangel an Arbeitsfähigkeit nicht klagen; ich wollte nur, dass ich mehr freie Zeit hätte. Eine Ursache, die mir lange Jahre hindurch fast wöchentlich einen Tag wegnahm, nämlich die Migräne, ist fast ganz verschwunden. Man sagte mir immer, dass sie mit steigendem Alter endlich weiche. Die Hauptsache freilich ist, dass man lernt, wie viel man unternehmen darf und das sorgfältig beachtet. . . .“

Nach Schluss des Sommersemesters 1886 reiste Helmholtz — seine Frau war wegen Erkrankung ihres Sohnes verhindert ihn zu begleiten — nach Heidelberg zur Theilnahme an der Feier des 500 jährigen Jubiläums der Universität und hielt dort bei dem Festmahle am 4. August im Auftrage aller Versammelten, in Gegenwart des Kronprinzen des Deutschen Reiches und des Grossherzogs von Baden, des Rectors der Universität, die nachfolgende Rede zu Ehren Heidelbergs:

„Mir ist der ehrenvolle Auftrag zuertheilt worden, auf die Stadt Heidelberg einen Trinkspruch auszubringen, und gerne erfülle ich diesen Auftrag, da Heidelberg meinem Herzen nahe steht. Ich habe diese Stadt zuerst als Tourist kennen gelernt und den Zauber ihrer Schönheit gleich tief gefühlt.

Es giebt eine echte und eine falsche Schönheit. Der Eindruck der letzteren schwächt sich ab, wenn man ihr zum zweiten Male gegenübersteht, sie langweilt, wenn man sie mehrfach sieht. Ich habe nun ausgedehnte Gelegenheit gehabt, Heidelbergs Schönheit als echt zu erproben; denn mir hat ein günstiges Geschick gestattet, zwölf Jahre hier zu verleben, und während dieser Zeit ist der Zauber der Stadt nicht geschwunden.

Die Individualität des Menschen ist ein Product seiner Geschichte, und so ist die Liebe zu Heidelberg ein Stück meiner Seele geworden.

Ich will mich nun aber nicht in eine poetische Beschreibung von Heidelbergs Schönheit ergehen. Denn das haben Tausende vor mir schon gethan, darunter die ersten Dichter deutscher Zunge, von Goethe bis auf den uns erst jüngst Entrissenen, dessen Lieblingsthema diese Stadt gewesen ist. Ihnen kann ich nicht nacheifern. Mir scheint, jeder spricht am besten von dem, was er selbst am besten kennt, und Heidelbergs Ehrenkranz wird am schönsten, wenn mannigfaltige Blumen hineingeflochten werden, mag darunter auch einmal eine etwas absonderliche sein. Darum will ich die Schönheit dieser Stadt von dem Standpunkte als Naturforscher betrachten.

Ist es ein Zufall, dass von diesen grünen Hügeln aus der geistige Blick des Menschen zum ersten Male mit der Einsicht, wie die chemische Natur der Weltkörper zu ergründen ist, in die unermesslichen Himmelsräume drang? Ein Unterfangen, welches unmittelbar vorher noch als die abenteuerlichste Unmöglichkeit erscheinen musste! Ich glaube

das Gegentheil. Etwas vom Schauen des Dichters muss der Forscher in sich tragen. Freilich ist letzterem mühsamere und geduldigere Arbeit nöthig, um das Material zu sichten und bereit zu machen. Aber Arbeit allein kann die lichtgebenden Ideen nicht herbeizwingen. Diese springen, wie die Minerva aus dem Kopfe des Jupiter, unvermuthet, ungeahnt; wir wissen nicht, von wannen sie kommen. Nur das ist sicher: Dem, der das Leben nur zwischen Büchern und Papier kennen gelernt hat, und Dem, der durch eintörmige Arbeit ermüdet und verdrossen ist, Dem kommen sie nicht. Die Empfindung von Lebensfülle und Kraft muss da sein, wie sie vor Allem das Wandern in der reinen Luft der Höhen giebt. Und wenn der stille Frieden des Waldes den Wanderer von der Unruhe der Welt scheidet, wenn er zu seinen Füßen die reiche üppige Ebene mit ihren Feldern und Dörfern in einem Blick umfasst, und die sinkende Sonne goldene Fäden über die fernen Berge spinnt, dann regen sich auch wohl sympathisch im dunkeln Hintergrunde seiner Seele die Keime neuer Ideen, die geeignet sind, Licht und Ordnung in der innern Welt der Vorstellungen aufleuchten zu machen, wo vorher Chaos und Dunkel war.

Heidelberg, die Zuflucht müder und beladener Seelen, die Erquickungsstätte der Leidenden, die Stadt strenger Arbeit und jugendlicher Begeisterung, die wir alle lieben und zu der wir gekommen sind, weil wir sie lieben,

Alt' Heidelberg, die feine,
Die Stadt an Ehren reich,

sie wachse, sie blühe, sie lebe!“

Unmittelbar nach dem Jubiläum der Universität fand in Heidelberg am 9. August in feierlicher Sitzung der ophthalmologischen Gesellschaft die Ueberreichung der Gräfe-Medaille statt. Auf die schöne Anrede des Vorsitzenden Donders antwortete Helmholtz mit tiefempfundenen Aus-

drücken des Dankes und schloss seine längere Rede mit den Worten:

„Nun aber erlauben Sie, dass ich meinen Schluss auch in eine allegorische Form bringe, um keine persönlichen Bescheidenheiten zu verletzen. Nehmen wir an, da wir uns in einer Allegorie nicht an die historische Wahrheit zu binden brauchen, bis zu den Zeiten des Phidias hätte man keine hinreichend harten Meissel gehabt, um Marmor mit vollkommener Beherrschung der Form bearbeiten zu können. Höchstens konnte man Thon kneten oder Holz schnitzen. Nun aber findet ein geschickter Schmied, wie man Meissel stählen könne. Phidias freut sich der bessern Werkzeuge, bildet damit seine Götterbilder und beherrscht den Marmor wie niemand vor ihm. Er wird geehrt und belohnt. Aber die grossen Genies sind, wie ich immer gesehen, höchst bescheiden gerade in Beziehung auf das, worin sie andern höchst überlegen sind. Gerade das wird ihnen so leicht, dass sie schwer begreifen, warum die andern es nicht auch machen können. Mit der hohen Begabung ist aber auch immer die entsprechende grosse Feinfühligkeit für die Fehler ihrer eigenen Werke verbunden. Demgemäss sagt Phidias in einem Anfall von grossmüthiger Bescheidenheit dem Musterschmied: „Ohne Deine Hülfe hätte ich das alles nicht machen können. Die Ehre und der Ruhm gebühren Dir.“ Dann kann ihm der Schmied doch nur antworten: „Ich hätte es aber auch mit meinen Meisseln nicht machen können, Du würdest doch ohne meine Meissel wenigstens in Thon wunderbare Bildwerke haben kneten können. So muss ich die Ehre und Ruhm ablehnen, wenn ich ein ehrlicher Mann bleiben will.“ Nun wird Phidias der Welt entrissen; es bleiben Freunde und Schüler, Praxiteles, Paionios und andere. Sie brauchen alle den Meissel des Schmiedes, die Welt füllt sich mit ihren Werken und ihrem Ruhm. Sie beschliessen, das Andenken des Geschiedenen zu ehren durch einen Kranz, den der erhalten

soll, welcher am meisten für die Kunst und in der Kunst der Bildnerei gethan. Der geliebte Meister hat den Schmied oft als den Urheber ihrer grossen Erfolge gerühmt, und sie beschliessen endlich, ihm den Kranz zu geben. Gut, antwortet nun der Schmied, ich füge mich. Ihr seid viele und unter euch sind kluge Leute, ich bin nur einer; ihr versichert, dass ich euch vielen viel geholfen habe, und dass nun in vielen Orten Bildner sitzen und die Tempel mit Nachahmungen eurer Götterbilder schmücken, die ohne die Werkzeuge, die ich euch gegeben, wohl wenig geleistet haben würden. Ich muss euch glauben, denn ich habe nie Marmor gemeisselt, und dankbar annehmen, was ihr mir zuerkennt. Ich selbst aber würde meine Stimme dem Praxiteles oder Paionios gegeben haben.“

„Gestern Abend und heute früh“, schreibt ihm seine Frau, „haben die Zeitungen nun auch Deine schöne, aber schier zu bescheidene Antwortsrede gebracht. Nur der „Schmied“ bist Du denn doch nicht, und namentlich ist mir's schwer, die Herren Augenärzte als ebensoviele Praxitelesse gegenüber von Dir zu denken. Diesen jüngeren Herren war es recht gut, einmal zu hören, wem sie überhaupt die Möglichkeit ihrer wissenschaftlichen Specialität verdanken. Sie betrachten nämlich, wie mir schon öfter scheinen wollte, den Augenspiegel als etwas so Selbstverständliches und Angeborenes, wie wir Gabel und Messer ansehen. Das werde ich doch nie verschmerzen, nicht dabei gewesen zu sein.“

Aber diese „bescheidene Antwortsrede“ war nur der Ausdruck seiner wahren Gesinnung; unmittelbar nachdem ihm die Kunde von der Ertheilung der Graefe-Medaille zugegangen, schrieb er an Laqueur, dass er eine gewisse Unbilligkeit gegen die gegenwärtig in diesem Gebiete Arbeitenden darin finde, dass man Erinnerungen an alte Arbeiten, welche anfangen, allmählich in das Gebiet des Historischen überzugehen, so betone.

Während seine Frau an einem der schweren lang-

wierigen Krankenlager seines Sohnes Robert festgebannt war, gedachte er seine Tochter Ellen in Interlaken auf einige Tage zu besuchen, erkrankte aber dort sehr bald ernstlich in Folge der übergrossen Anstrengungen, denen er sich in Heidelberg hatte unterziehen müssen. Am 22. August schreibt seine Frau, die zu ihm geeilt war, aus Interlaken ihrem Sohne Robert:

„Ich fand den Papa schlaff und krank und sehr melancholisch; er ist überzeugt, dass er hart an der Pforte des Todes vorbeiging, und ist auch noch in einem sonderbaren Zustande . . . In Papas stark theoretisirende und bedingte Folgsamkeit hat der Arzt sich nachträglich gefunden, und giebt ihm scheinbar nach . . .“

In den ersten Tagen des September vermochte er von Interlaken nach Rigi-Kaltbad überzusiedeln, und von dort mit seiner Frau Minghetti's und Blaserna in Selisberg zu besuchen.

Doch bald traten wieder schmerzhaftes Rückfälle und seelische Depressionen bei Helmholtz ein.

„Papa muss nach Hause“, schreibt seine Frau, „muss richtig behandelt und beobachtet werden, muss geeignete Kost kriegen und aus der Hotelexistenz heraus. Wir können ihm zu Hause, wenn auch keine Bergluft, aber Ruhe und Pflege schaffen und das ist doch auch etwas.“

Sie fuhren zunächst zu Kussmaul nach Strassburg:

„Er hörte so concentrirt zu, stellte so klare und präzise Fragen, und dann sagte er mir: Ich kann wirklich nichts finden, aber ich würde den Zustand nicht leicht nehmen, man kann eben nicht Alles fühlen. Positiv krank ist er nicht, aber gesund auch nicht; grosse Vorsicht in der Ernährung sei nöthig.“

Eine Ruhezeit von einigen Wochen in Baden stellte Helmholtz fast völlig her.

Während seines Aufenthaltes auf dem Rigi hatte er eine Reihe von Beobachtungen gemacht, welche den Ausgangspunkt

seiner späteren grundlegenden meteorologischen Arbeiten bildeten. Er berichtete am 22. October 1886 der Physikalischen Gesellschaft in einem Vortrage „Ueber Wolken und Gewitterbildung“ nur ganz kurz von einem Phänomen, das er dort beobachtet hatte: Am Morgen eines Septembertages sei vom Känzli des Rigi die Aussicht nach dem Jura klar gewesen, während etwas tiefer die obere Grenze einer horizontalen trüberen und schwereren Luftschicht durch eine Schicht von dünnen Wölkchen angezeigt war, die von Nord nach Süd zogen und die ersten durch Störung und Aufrollung der Grenzfläche entstehenden Wirbel bildeten. Im Laufe des Tages seien diese Wölkchen gewachsen, bis sie gegen Abend zu grösseren Haufenwolken wurden, welche einzelne aus der unteren Schicht aufsteigende Ströme erkennen liessen, wonach die elektrischen Entladungen mit dem Ausgleiche der Wolkentheile unter einander begannen.

Noch gab er keine Erklärung dieser Phänomene, er musste seine Beobachtungen erst wissenschaftlich gestalten. „Ich hielt es für nützlich“, sagt er später, „soweit ich dazu im Stande war, speciell mit streng mechanischen Begriffen in die Meteorologie hineinzugehen und zu sehen, was sich im Augenblick lösen liess.“

„Ich kann diesen Brief nicht schliessen“, schreibt mir Bezold am 9. October 1902, „ohne noch besonders zu betonen, wie schmerzlich ich den Verlust der beiden grossen Physiker Helmholtz und Hertz empfinde, die nicht die Meteorologie als eine niedrig stehende Wissenschaft betrachteten, sondern selbst auch in diese Forschung eingriffen und ihr das lebhafteste Interesse entgegen brachten.“

Noch vor Ende dieses Jahres wurde er zum Vicekanzler der Friedensklasse des Ordens pour le mérite ernannt; er begab sich zu Menzel, dem Kanzler, um sich über seine Obliegenheiten belehren zu lassen, und Menzel erwiderte ihm: „Da kann ich Ihnen nur dasselbe sagen, was mir seiner Zeit Ranke zur Antwort gab: „Als Vicekanzler haben Sie

weiter nichts zu thun, als zu warten, bis ich todt bin, um dann Kanzler zu werden.“

Im December 1886 erhielt Helmholtz von Hertz die Mittheilung von der Fortsetzung seiner schon in Berlin begonnenen und in Kiel fortgeführten Versuche, die schon die folgenreiche Bedeutung der von ihm gewonnenen Erkenntnisse ahnen liessen:

„Für die mir gütigst übersandten Abhandlungen“, schreibt Hertz am 5. December aus Karlsruhe, „sage ich Ihnen meinen allerbesten Dank, dieselben haben mir als ein Zeichen Ihres Gedenkens die grösste Freude gemacht. Hoffentlich gelingt es mir auch, in das volle Verständniss derselben einzudringen, welches nicht eine leichte Sache ist. Ich möchte die Gelegenheit wahrnehmen, Ihnen über einige mir kürzlich geglückte Versuche zu berichten, weil ich bei Anstellung derselben schon die Hoffnung hatte, dieselben könnten Ihr Interesse erregen. Es ist mir nämlich gelungen, sehr sichtbar die Inductionswirkung eines ungeschlossenen geradlinigen Stromes auf einen andern ungeschlossenen geradlinigen Strom darzustellen, und ich darf hoffen, dass der betretene Weg mit der Zeit die eine oder andere an diese Erscheinung sich knüpfende Frage zu lösen gestatten wird.“

Die nähere Ausführung und Beschreibung seiner Versuche setzte Helmholtz, der schon jetzt die ganze Tragweite derselben erkannte, in die grösste Aufregung; er griff nicht mehr in die weitere Entwicklung und Ausgestaltung dieser experimentellen Untersuchungen selbst ein, sondern überliess alles seinem grossen Schüler Hertz.

„Zunächst fühle ich eine stolze Freude darüber“, sagt er später, „dass meine Gedankenarbeit fortleben soll und fortwirken soll in künftigen Generationen über mein individuelles Leben hinaus, und Sie werden es ja wohl begreifen, dass, so wie ein leiblicher Vater zunächst für das Wohl seiner leiblichen Söhne am meisten sorgt

und sie zu fördern bestrebt ist, ich gleichsam auch für meine Gedankenkinder eine Vorliebe habe, und Sie begreifen also, dass ich als der lebende Mensch nur meinen eigenen Ueberzeugungen folgen kann und auf sie das Hauptgewicht lege, und mich darüber freue, wenn gerade in ihrer Richtung die Fortentwicklung der Wissenschaft gefördert werden soll. Dann wieder kommt mir freilich der Zweifel, ob nicht meine eigenen Ideale zu eng und meine eigenen Principien an einzelnen Stellen nicht vollständig genug sind, um für alle Zukunft den Bedürfnissen der Menschheit zu genügen. . . . Nur die eine Fahne möchte ich hochhalten, dass der Zweck der Wissenschaft ist, die Wirklichkeit zu begreifen und das Vergängliche aufzufassen als die Erscheinungsform des Unvergänglichen, des Gesetzes.“

Die Thätigkeit von Helmholtz im physikalischen Institut war in der letzten Zeit immer mehr in den Hintergrund getreten, seine grossen und umfassenden Untersuchungen über die Principien der Mechanik und die Ausdehnung der thermodynamischen Grundlehren auf die monocyclischen Systeme, die wir oben anzudeuten versucht haben, nahmen ihn fast ausschliesslich in Anspruch.

„Ich selbst habe diesen Winter über“, schreibt er am 11. Mai 1886 an Lord Kelvin, „theils an der neuen Ausgabe meiner physiologischen Optik, theils mathematisch gearbeitet und bin dabei leider gar nicht mehr zum Experiment gekommen.“

Es war für Helmholtz ein unabweisbares Bedürfniss geworden, seine Lehrthätigkeit entweder aufzugeben oder wenigstens wesentlich einzuschränken, um den Untersuchungen, welche ihn jetzt bis an sein Lebensende fast ausschliesslich beschäftigten, den grössten Theil seiner Arbeitszeit und Arbeitskraft widmen zu können, und ein glückliches Geschick liess auch bald diesen Wunsch in Erfüllung gehen.

„Es kam die Zeit“, sagt du Bois, „wo unser grosser Freund, Werner von Siemens, zum Theil mit eigenen, nur ihm möglichen riesigen Geldopfern die Gründung einer physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg zu Wege brachte. Nun war uns nicht unbekannt, dass Siemens immer mit Bedauern sah, wie Helmholtz einen grossen Theil seiner Zeit und Kraft, anstatt der Fortführung seiner unvergleichlichen Arbeiten, seinem Lehramte widmen musste, und es blieb uns auch nicht verborgen, dass er Helmholtz die Stelle eines Präsidenten jener Anstalt zugedacht hatte, als eine solche, welche ihn von jeder andern, als einer wissenschaftlichen Thätigkeit befreien würde, eine Lage, wie nur ein reiner Akademiker sie sich als ideal träumen konnte.“

Die ersten Vorschläge zur Errichtung eines der Förderung der exacten Wissenschaften und Präcisionstechnik zu widmenden Staatsinstituts wurden schon am 30. Juli 1872 von Schellbach, unterstützt durch Helmholtz, du Bois-Reymond, Paalzow, Bertram und Förster aufgestellt und fanden damals die lebhafteste Unterstützung des Kronprinzen, späteren Kaisers Friedrich. In Folge dieser Anregung berief Generalfeldmarschall von Moltke als Vorsitzender des Central-Directoriums der Vermessungen im preussischen Staate gegen den Schluss des Jahres 1873 eine Fachcommission, von welcher im Januar 1874 „Vorschläge zur Hebung der wissenschaftlichen Mechanik und Instrumentenkunde“ gemacht worden sind; in diesen Vorschlägen wurde hervorgehoben, dass für den Staat neben der Pflicht zur Fürsorge in dem vorhandenen Nothstande die ernste Aufforderung bestehe, der Pflege der Präcisionstechnik in Zukunft nicht bloss gelegentlich, sondern vielmehr systematisch seine Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Verhandlungen, welche hierüber 1875/76 stattgefunden haben, führten zu dem Beschluss, dass anlehnend an die frühere Gewerbeakademie ein Institut für wissen-

schaftliche Mechanik gegründet werden sollte, welchem Projecte auch der Handels- und der Finanzminister ihre Zustimmung gaben. Dasselbe konnte jedoch in dieser Form nicht zur Ausführung kommen, da bald darauf an Stelle der Gewerbeakademie die Begründung einer technischen Hochschule zur Vereinigung der verschiedenen technischen Anstalten beschlossen und deren Bau in Angriff genommen wurde.

Der Gedanke zur Begründung eines Instituts für Mechanik wurde indessen 1879 beim Cultusminister, in dessen Ressort die technische Hochschule inzwischen übergegangen war, von dem Central-Directorium für Vermessungen in Preussen und dem Verein der Mechaniker von Neuem angeregt, und es wurden in Folge dessen im Cultusministerium Ende 1882 Conferenzen abgehalten, in denen der Anschluss eines solchen Instituts an die technische Hochschule beschlossen wurde. Die Ergebnisse dieser Berathungen, an denen von den Mitgliedern der früheren Commissionen Helmholtz, Reuleaux, Förster und Werner Siemens Theil nahmen, wurden in einer Denkschrift vom 23. Mai 1883 zusammengestellt; durch ein besonderes Votum wies Helmholtz auf die Nothwendigkeit hin, in dem Institut mit der mechanisch-technischen eine wissenschaftliche Abtheilung zu verbinden. In einer Denkschrift vom 16. Juni 1883 wurde unter wesentlicher Erweiterung des früheren Planes die Begründung „eines Instituts für die experimentelle Förderung der exacten Naturforschung und der Präcisions-technik“ vorgeschlagen und ein Organisationsentwurf beigefügt. Von den Bemerkungen, mit denen Helmholtz diese Denkschrift begleitete, mögen die folgenden hervorgehoben werden:

„...Ich möchte daneben aber noch entschiedener betonen, dass auch nach der Seite der eigentlichen Wissenschaft hin eine ganze Reihe wichtiger Aufgaben vorliegt, die nicht mit den Privatmitteln einzelner Beobachter oder durch die

zum Zwecke des Unterrichts gegründeten Laboratorien unserer Universitäten gelöst werden können, weil sie zu ihrer Bewältigung theils kostbare Hilfsmittel an Instrumenten und Localitäten, theils auch freiere Arbeitszeit erfahrener und urtheilsfähiger Beobachter erfordern, als der Regel nach ohne Unterstützung aus öffentlichen Mitteln zu beschaffen sein werden. Bisher ist es fast ausschliesslich die Astronomie gewesen, deren Pflege der Staat in eigenen vorzugsweise der wissenschaftlichen Forschung und nur in zweiter Linie dem Unterricht gewidmeten Instituten, den Sternwarten, übernommen hat. Trotz des weiten Abstandes, durch welchen die Objecte dieser Wissenschaft von allen Objecten irdischen Nutzens getrennt zu liegen scheinen, hat sich auch hier die alte Regel bewährt, dass jede ernste wissenschaftliche Arbeit ihre praktische Anwendung schliesslich da bringt, wo man es vorher am wenigsten vermuthet hätte. Abgesehen davon, dass die Astronomie durch die Vorstellungen, welche sie uns vom Bau des Weltsystems giebt, eine totale Revolution in unserer ganzen Weltanschauung hervorgebracht hat, hängt unsere Schiffahrt, die Sicherung der bürgerlichen wie der historischen Zeitrechnung wesentlich von ihr ab; auch die Kunst der praktischen Optik, der höheren Uhrmacherei, sowie alle Verfeinerungen der Längen- und Winkelmessungen haben sich direct an den von ihr gestellten Aufgaben entwickelt. . . . Endlich würde es für den höheren wissenschaftlichen Unterricht von höchster Wichtigkeit sein, wenn eine kleine und ausgewählte Zahl junger Männer, die ihre Fähigkeit zu experimentellen Untersuchungen bereits erwiesen haben, als Assistenten oder Volontärs an einem derartigen Institut arbeiten könnten, und dadurch Gelegenheit bekämen, die Anwendung möglichst vollkommener Methoden und Hilfsmittel kennen zu lernen.“

Ausführlich geht nun Helmholtz auf die Gründe ein, welche die Errichtung einer wissenschaftlichen Abtheilung der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Verbindung

mit der mechanisch-technischen wünschenswerth machen. Schon früher hatte er sich über die Aufgaben der wissenschaftlichen Abtheilung des in Aussicht genommenen Physikalisch-mechanischen Institutes ausgesprochen und als solche bezeichnet:

1. die genaue Bestimmung der Intensität der Schwere und Vergleichung dieser Intensität an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche,
2. die absolute Messung der Gravitation oder die Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde,
3. die Fortsetzung der genauen Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes in irdischen Entfernungen, welche Bestimmung geeignet ist, die kosmischen Entfernungen auf irdisches Längenmaass zu reduciren;
4. in der Lehre von den magnetischen Wirkungen der elektrischen Ströme spielt eine der Lichtgeschwindigkeit, wie es scheint, genau gleiche Geschwindigkeit, von W. Weber als die kritische bezeichnet, eine fundamentale Rolle. Ihre Gleichheit mit der Lichtgeschwindigkeit scheint mir eine wesentliche innere Verwandtschaft zwischen den optischen und den elektrischen Vorgängen anzuzeigen. Die Einsicht in die räthselhaften Seiten namentlich der elektromagnetischen Erscheinungen scheint hier einen leitenden Faden gewonnen zu haben, der uns wahrscheinlich zum tiefsten Grunde derselben führen wird;
5. Untersuchungen über die elektrischen Maasseinheiten,
6. die Messungen über Druck und Dichtigkeit der Gase und Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen und die Messung der dabei verbrauchten Wärmemengen.

Er hebt weiter hervor, dass durch Gründung einer wissenschaftlichen Abtheilung „auch die Möglichkeit geboten würde, dass ältere und bewährte Physiker Deutschlands die Gelegenheit finden könnten, einzelne Unter-

suchungen auszuführen, für welche sie in ihrem Heimaths-orte nicht die nöthigen Hülfsmittel finden können“.

„Einer Nation, die durch ihre Macht und Intelligenz eine der hervorragendsten Stellen unter den civilisirten Völkern einnimmt und zu bewahren hat, ist es offenbar nicht würdig, die Sorge für die Beschaffung solcher grundlegenden Kenntnisse anderen Nationen oder der zufälligen Liebhaberei einzelner günstig situirter Privatmänner zu überlassen. Deutschland ist auf diesem Wege bisher vorangeschritten durch Errichtung von Universitätslaboratorien für Chemie, Physik und Physiologie; dieselben sind rasch an Zahl und Ausdehnung gewachsen und sind in allen Nachbarstaaten nachgeahmt worden.“

Da nun der baldigen Ausführung dieses Projectes finanzielle Bedenken und namentlich auch die Schwierigkeiten zur Beschaffung eines passend gelegenen Bauterrains drohten, erbot sich Werner Siemens dem Unterrichtsminister gegenüber zur schenkungsweisen Ueberlassung eines in der Marchstrasse in Charlottenburg gelegenen Grundstücks von einem Hektar Flächeninhalt an den Preussischen Staat. Auf gewisse Bedenken des Ministers hin und im Hinblick auf die nationale Bedeutung des Planes, sowie in der Hoffnung auf eine Durchführung desselben in grösserem Umfange und mit reichlicheren Mitteln entschloss sich Siemens, das Preussen gemachte Anerbieten gegenüber dem Reiche am 20. Mai 1884 zu wiederholen durch Schenkung einer halben Million Mark in Grundwerth oder Kapital behufs Gründung eines Instituts zur Ausführung naturwissenschaftlicher Forschungen für technische Zwecke:

„die Lehrsäle und Laboratorien der dem Lehrzwecke gewidmeten Universitäten und Schulanstalten sind“, wie Siemens ausführte, „zur Anstellung entscheidender naturwissenschaftlicher Untersuchungen nicht geeignet, ebenso wenig die an ihnen angestellten Professoren. Es fehlen ihnen neben der Musse zur geistigen Vertiefung in

ihrer Forschungsaufgabe auch das geeignete Local und die Mittel zur Beschaffung der nöthigen Instrumente und Einrichtungen. Die zu begründende Anstalt soll dazu helfen, die wissenschaftlichen Leistungen unserer Nation in die Höhe zu bringen und zu erhalten, und derselben dadurch unter den Culturvölkern eine Ehrenstellung sichern.“

Die zur Berathung der Organisation des Instituts im Winter 1884/85 einberufene Commission hielt daran fest, dass das vorgeschlagene Institut, für das später der Name „Physikalisch-Technische Reichsanstalt“ gewählt wurde, eine wissenschaftliche und eine technische Abtheilung enthalten müsse, welche in lebendiger Wechselwirkung am besten gedeihen und die nationalen Interessen am besten fördern würden.

Bevor noch durch die Genehmigung des Reichshaushaltsetats für 1887/88 die erforderlichen Geldmittel etatsmässig zur Verfügung standen, hatte Siemens zur Beschleunigung des Projects bereits 1886 mit höherer Zustimmung den Bau der Anstalt auf eigene Gefahr in Angriff genommen, und derselbe wurde derartig gefördert, dass das Wohnhaus des Directors und das Verwaltungsgebäude schon 1889 bezogen werden konnten, während das Maschinenhaus und Observatorium erst 1890/91 fertig gestellt wurden.

Helmholtz wurde nun im April 1887 von dem Geh. Ober-Regierungsrath Weymann im Auftrage des Staatssecretärs des Innern der Antrag gemacht, das Präsidium der neu zu errichtenden Technisch-Physikalischen Reichsanstalt zu übernehmen; er erklärte sich am 4. April dazu bereit, wenn ihm durch das dafür zu gewährende Gehalt und freie Dienstwohnung die Einkünfte seiner Lehrämter an der Berliner Universität und an dem Medicinisch-Chirurgischen Friedrich-Wilhelms-Institut, die er aufgeben müsste, ersetzt werden könnten, vorausgesetzt, dass seine Stellung an der Akademie der Wissenschaften zu Berlin nicht geändert würde.

1887

1874
Nach Bewilligung dieser Forderungen von Seiten des Reichsschatzamtes wendet sich der Unterrichtsminister von Gossler auf eine Anfrage von Seiten des Reichsamts des Innern am 20. Mai an den Reichskanzler Fürsten von Bismarck:

„Ew. Durchlaucht beehre ich mich ganz ergebenst zu erwidern, dass ich die Hochderoseits in Aussicht genommene Berufung des Geheimen Regierungs-Rathes Professor Dr. von Helmholtz zum Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auch meinerseits im Interesse der so überaus wichtigen Neuschöpfung nur mit Freude begrüßen kann. Ich erkläre mich desshalb zu jedem Entgegenkommen in dieser Angelegenheit gern bereit, indem ich hoffe, dass Hochdieselben geneigtest die Hand dazu bieten werden, den schweren Verlust möglichst zu mildern, welcher sich daraus für die hiesige Universität ergeben wird und der gerade in diesem Augenblicke um so empfindlicher ist, als das Fach der Physik in Folge der dauernden Erkrankung des Professors Dr. Kirchhoff und bei dem anhaltenden Leidenszustande des Professors Dr. Christiani mehr als sonst auf die volle Vertretung durch von Helmholtz angewiesen ist. . . . Mit Rücksicht darauf erlaube ich mir die Frage anzuregen, ob es nicht angängig sein wird, von Helmholtz in seiner Stellung als Professor in der Art zu belassen, dass derselbe von der Verpflichtung, an den Facultätsgeschäften und Prüfungen theilzunehmen, gleich einem quiescirten Professor vollständig entlastet wird und nur verbunden bleibt, was ihm so gut wie keine Mühe macht, regelmässig eine Vorlesung von 1 bis 3 Stunden wöchentlich aus dem Gebiete der theoretischen Physik zu halten. Diese geringfügige Belastung wird die Wirksamkeit des von Helmholtz bei der Reichsanstalt nicht beeinträchtigen, sondern nur erfrischend und fördernd auf dieselbe einwirken, da es für den Präsidenten der Reichsanstalt von Werth sein muss, eine lebendige Fühlung mit den aufstrebenden physikalischen

Kräften zu unterhalten. Für die Universität aber ist es von der grössten Bedeutung, dass ihr auf diese Weise, wenn auch in engster Begrenzung, der Mann erhalten bleibt, der schon seit Jahren als ihr wissenschaftliches Haupt anzusehen ist und der mehr als andere dazu beigetragen hat und beitragen wird, innerhalb derselben auf wissenschaftlichem Gebiete den Gegensatz zwischen Natur- und Geisteswissenschaften auszugleichen und auf politischem Gebiete den maassvollen conservativen Sinn zu pflegen, in welchem die Universität Berlin gegenwärtig den deutschen Hochschulen tonangebend vorangeht. Auch aus diesen allgemeinen Gesichtspunkten wird es sich daher empfehlen, von Helmholtz der Universität nicht ganz zu entziehen, sondern seine Verbindung mit derselben in der vorgeschlagenen Beschränkung zu erhalten. . . .“

Helmholtz entwarf nun einen Organisationsplan für die wissenschaftliche Abtheilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und eingehende Statuten für die Befugnisse des Directors der physikalischen Abtheilung sowie für die Antheilnahme des Curatoriums an dem alljährlich aufzustellenden Arbeitsplan. Dem Präsidenten der Anstalt wurde das Recht vorbehalten, selbständig andere Aufgaben in Angriff zu nehmen und ausführen zu lassen. Die Geschäftsordnung wurde am 26. Juli 1888 vom Staatssecretär des Innern genehmigt.

Inzwischen hatte sich die philosophische Facultät der Universität, als sie von der Absicht Helmholtz's Kenntniss erhielt, seine Universitätsprofessur aufzugeben, an den Minister mit der Bitte gewandt, „schon jetzt hochgeneigtest Vorsorge zu treffen, dass Herr von Helmholtz auch bei Uebernahme seines neuen Amtes der Universität als Docent, der Facultät als ordentliches Mitglied erhalten bleibe“, und die Begründung dieser Bitte wurde in den folgenden, von Kronecker und Zeller vorgeschlagenen, Helmholtz und die Facultät in gleicher Weise ehrenden Worten gegeben:

„Zu dieser Bitte bestimmt uns ebenso die eminente

Bedeutung, welche es für das Ansehen und Wirken der gesamten Universität hat, einen Mann von solchem Weltruf unter ihren Docenten zu besitzen, wie das ausserordentlich grosse Gewicht, welches seinem Wort und Rath von der Facultät in ihren Sitzungen beigelegt wird. Wie Ew. Excellenz bekannt, erstreckt sich Herrn von Helmholtz's geniale Meisterschaft auf mehrere, seine eindringende Kennerschaft auf sämtliche mathematisch-naturwissenschaftliche und auch auf philosophische und literarische Disciplinen. Dieses einzigen Mannes Urtheil ist aber darum von ganz besonderem Werth und selbst durch die Summe der Urtheile der einzelnen Fachmänner nicht zu ersetzen, weil es sich gerade in den Fragen, welche der Facultät vorliegen, fast immer um gegenseitige Abwägung der Interessen verschiedener Disciplinen handelt; und wer diese alle im Geiste vereinigt und zusammen übersieht, vermag die ebenso schwierige als wichtige Aufgabe offenbar richtiger und vollständiger zu lösen.

Wir geben uns der Hoffnung hin, dass Ew. Excellenz unser gehorsamstes Gesuch als ein wohlberechtigtes und ein wohlbegründetes erscheinen, und dass es Ew. Excellenz eifriger und weiser Fürsorge für die Interessen der Universität gelingen wird, den unersetzlichen Verlust abzuwenden, welcher ihr und insbesondere der philosophischen Facultät durch das Ausscheiden des Herrn von Helmholtz zugefügt werden würde.“

Da nun der Minister darauf hin, und aus Rücksichten, welche die Gehaltsfrage betrafen, veranlasst, den dringenden Wunsch aussprach, dass Helmholtz mit der Universität in Verbindung bleibe, so erklärte sich derselbe in den zwischen ihm und Geheimrath Althoff gepflogenen Verhandlungen bereit, in jedem Semester eine zwei- oder dreistündige öffentliche Vorlesung zu halten, „vorausgesetzt, dass er von der Verpflichtung, an den Facultätsgeschäften und Examinibus theilzunehmen, entbunden würde“.