

Helmholtz als Professor der Anatomie und Physiologie in Bonn von Michaelis 1855 bis Michaelis 1858.

Helmholtz gewöhnte sich schnell in die neuen Verhältnisse ein. Zwar schrieb er im October an Donders:

„Ich habe sehr wenige von meinen Instrumenten als mein Eigenthum von Königsberg mitnehmen können und habe hier so gut wie nichts vorgefunden. Nun muss ich von vorn anfangen, einen Instrumentenapparat zusammenzubringen, und zwar mit sehr schmalen Geldmitteln. Unser Ministerium hält noch immer die Fiction fest, dass es in den orientalischen Krieg verwickelt werden könnte, und will deshalb keine neuen Geldbewilligungen machen.“

Doch berichtet er schon im December seinem Vater:

„Uns ist es bisher hier im Ganzen gut gegangen. Während man es in Königsberg schon bis auf 20° gebracht hat, und die Frachtwagen schon lange die Eisdecke der Weichsel passiren, haben wir hier abwechselnd milden Frost und nasse Witterung gehabt, und unsere Oefen noch immer mehr mässigen als anfeuern müssen. Mit Olga's Gesundheit ist es dabei sehr nach Wunsch gegangen, ihr Husten ist ganz gewichen, seit wir in Bonn sind. Was meine amtliche Stellung betrifft, so stellen sich die Verhältnisse für den Winter ganz günstig; ich habe 45 Zuhörer, und das ist allerdings ganz anders als in Königsberg. Der Vortrag der Anatomie macht mir nun allerdings für das erste Mal, namentlich bei einigen Kapiteln, viel Mühe, aber das wird

sich künftig sehr viel günstiger gestalten. Auch finde ich an der Anatomie mehr Interesse, als ich gedacht hatte, weil diese Wissenschaft bisher grossentheils mit auffallender Vernachlässigung der Zwecke, denen die Organe dienen sollen, betrieben ist, so dass überall neue interessante Fragen und Gesichtspunkte auftauchen, sobald man sie mit physiologischem Auge ansieht. Für den Sommer wird mein Erfolg in der Physiologie allerdings durch die Nebenbuhlerschaft des Professor B. zweifelhaft Die Facultät richtete an uns die Aufforderung, jeder einzeln die Physiologie zu lesen (statt einer Theilung derselben, wonach jeder ein sechstündiges Colleg über eine Hälfte derselben lesen sollte), nachdem der Decan vorher bei mir angefragt hatte, ob mir das nicht lieber sein würde. Ich antwortete, dass ich mein B. gegebenes Versprechen nicht von selbst lösen könnte, aber durch eine solche Aufforderung der Facultät gerechtfertigt sein würde, es zu lösen. Auch B. war damit gar nicht unzufrieden.“

Der Briefwechsel mit seinem alten Vater bleibt auch von Bonn aus ein reger; wenn dieser auch über Abnahme seiner Kräfte klagt und sich mit dem Gedanken der Pensionirung trägt, bleibt doch sein Interesse für jeden geistigen Fortschritt, besonders für die Probleme der Philosophie in ihm lebendig, und er ist glücklich, allen seinen Anschauungen und Gedanken in Briefen an seinen Sohn Ausdruck geben zu können:

„Meine Kräfte nehmen in starker Progression ab; und ich bin daher um meine Pensionirung für Michaelis 1856 eingekommen, zugleich mit Prof. Schmidt; der Magistrat aber will von meiner Pensionirung nichts wissen, besonders meine Kriegsjahre als Dienstjahre nicht berücksichtigen, da ihm die doppelte Pensionirung bei der allgemeinen Noth natürlich sehr schwer fällt, und ich erst 36 Jahre beim Gymnasium diene, Schmidt dagegen schon 45, so dass es sich wohl noch etwas länger mit mir hinschleppen wird.

Fünf Jahre aber halte ich es schwerlich noch aus ... Ich habe für Ostern schon ein kleines Quartier in der Französischen Strasse gemiethet, und suche mich der Bücher, die ich nicht mehr brauche, zu entledigen, wofür ich freilich sehr wenig erhalte, da es alte abgenutzte und kaum noch brauchbare Sachen sind. Uebrigens mache ich Dich doch auf ein Werk: das Wachsthum des Geistes von Schulz von Schulzenstein aufmerksam, weil es sein könnte, dass Du wegen des Verrufenseins des Namens vielleicht nicht darauf geachtet hättest. Mir scheint das Werk gegenüber den seichten Resultaten eines Moleschott und Consorten von höchster Wichtigkeit. Trotz aller Billigkeit, alles Verwerfens bisheriger Resultate (namentlich kommt auch du Bois schlecht weg und Du selbst), trotzdem dass man sich durch einen Wust von oberflächlicher und sich bis zum Ekel wiederholender Kritik durcharbeiten muss zu der positiven Anschauung, dass er als ursprünglichstes stets die Idee und das Bewusstsein des Lebens sieht; die Definition des Lebens selbst, die Unterscheidung der todten Natur gegenüber der organischen, die Entwicklung des Begriffs des Lebens als Einheit und enge Wechselwirkung des geistigen und leiblichen, der Vergänglichkeitsprozess, sowie das Verhältniss der lebendigen zur todten Natur, der Unterschied des pflanzlichen, thierischen und menschlichen Lebens, das scheint mir alles so trefflich und klar, dass ich, wenn ich pensionirt werden sollte, es mir als ernste wissenschaftliche Aufgabe setzen würde, eine ganz neue gründliche Psychologie, an der es noch ganz fehlt, darauf zu erbauen, und so mir eine ernste Lebensaufgabe zu erhalten. Ich bin überzeugt, dass hier für die Zukunft der Wissenschaft eine ganz neue Richtung gegeben ist, und bedauere nur, dass der Verfasser so verblendet ist, auf alles bisherige zu schimpfen und sich alle über den Hals zu ziehen, während er sich selbst doch mannigfache Blößen giebt“

Aber Helmholtz, der offenbar die Begeisterung für

Schulz von Schulzenstein nicht theilt, will dem alten Vater nicht widersprechen; er ignorirt in seiner Antwort ganz dessen philosophische Excurse und ist nur besorgt, denselben noch einige Zeit seiner Thätigkeit zu erhalten; umgehend antwortet er ihm:

„Dass Dir der Magistrat Schwierigkeiten wegen Deiner Pensionirung macht, ist recht ärgerlich. Du solltest doch einmal nach Berlin fahren, und Dich bei den Mitgliedern des Ministeriums erkundigen, wie die Verhältnisse in dieser Beziehung sind, und ob sie Deine Wünsche nicht unterstützen wollen und können. Möchtest Du aber nicht den Sommer noch abwarten, ehe Du eventualiter auf Abschied mit niedriger Pension anträgst? Du weisst, dass der Winter immer Deine schwere Zeit ist, und dass es im Sommer wieder besser geht. Uebrigens, glaube ich, offen gesagt, auch, dass Dich die Behörden ungern verlieren werden. Denn wenn es Dir vielleicht allmählich auch schwer oder unmöglich wird, mit Deiner alten Lebendigkeit Deinen Unterricht zu geben, und das Verhältniss mit R. Dir unendlichen Aerger bereiten und Dich verdriesslich stimmen muss, so glaube ich immer noch, dass Du auch bei viel geringerer Lebhaftigkeit und geistiger Energie ein besserer Lehrer sein wirst, als mancher andere. Du hast vollständig das Recht erworben, anzunehmen, dass, wenn Du es so gut machst, als Du es eben bei Deinen noch vorhandenen, und immer nicht geringen Kräften gemächlich machen kannst, die Behörden allen Grund haben, zufrieden zu sein, und weder Du selbst, noch irgend ein Anderer hat das Recht, mehr von Dir zu verlangen. Ich fürchte, Du machst es gerade wie Marie. Ihr überarbeitet Euch beide, und zerstört Eure Kräfte, während Ihr sie bei mässigem und ruhigem Gebrauche erhalten, und doch hinreichenden Nutzen für Euch und die Welt daraus ziehen könntet. Sieh Dir Deine Collegen an, und frage Dich, wie viel sie, und wie viel Du trotz Alter, Krankheit und Verstimmung leistest. Ich sollte

meinen, Du würdest noch sehr viel von dem nachlassen können, was Du auch jetzt noch wirklich leistest, ehe die Rechnung zu Deinen Ungunsten ausfällt, aber Du musst diesen Nachlass aus freiem Entschlusse im Bewusstsein Deines Rechtes dazu ausführen, und nicht abwarten, bis Dich fortschreitende Uebearbeitung dazu zwingt.“

Helmholtz muss sich nun zunächst ganz seinen anatomischen Vorträgen widmen, aus denen unmittelbar die in den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft zu Bonn am 12. März 1856 niedergelegte kurze Mittheilung hervorging: „Ueber die Bewegungen des Brustkastens“, durch welche er in die schwebende Controverse über die Function der Zwischenrippenmuskeln eingriff. Er gelangte zu dem Resultat, dass die Federkraft der oberen Rippen am stärksten ist, während sie nach unten hin immer schwächer wird, so dass der Thorax als ein Korb von elastischen Stäben betrachtet werden kann, deren jeder eine Gleichgewichtslage hat, aus welcher er bei der Inspiration durch den Muskelzug entfernt wird, und in welche er bei der Expiration von selbst wieder zurückspringt, indem die Expiration bei ruhigem Athmen nur durch das Nachlassen der Inspirationsmuskeln bewirkt zu werden scheint.

Die wissenschaftliche und pädagogische Thätigkeit auf diesem ihm zum Theil fremden Gebiete befriedigte ihn ganz, und er schrieb am Schlusse des ersten Bonner Wintersemesters, am 6. März 1856, seinem Vater:

„Mit meinen amtlichen Verhältnissen hat es sich bisher ganz gut gemacht: morgen werde ich meine Vorlesungen beschliessen. Die Zuhörer haben sich bis jetzt in ziemlicher Zahl erhalten, und die älteren von ihnen, welche die Anatomie zum zweiten Male hörten, gaben mir auch öfter zu erkennen, dass sie bei mir manches gesehen und gelernt hätten, was ihnen früher ganz entgangen wäre. Ich glaube also hoffen zu dürfen, dass ich mit den anatomischen Vorträgen wohl Erfolg haben werde, und zwar noch mehr, wenn

ich das Museum erst werde etwas in Ordnung haben bringen können. Das ist allerdings in einem schrecklichen Zustande von Vernachlässigung. Es ist sehr überfüllt mit Gläsern, für welche der Platz lange nicht ausreicht, und die Gegenstände, welche im Katalog aufgeführt sind, sind zahlreich genug, um einem grossen Museum Ehre zu machen, aber das meiste ist unbrauchbar.

Ich habe diesen Winter auch im medicinischen Staatsexamen hier Anatomie examinirt; es sind aber im Ganzen nur sieben Candidaten gekommen; glücklicher Weise brauchten wir keinen durchfallen zu lassen. Sehr wichtig für mich ist, dass im nächsten Winter auch eine Prüfung in der Physiologie mit der Staatsprüfung verbunden werden soll, was unter den jungen Medicinern vorläufig einen grossen Schrecken verbreitet hat.

Die erste Abtheilung meiner physiologischen Optik ist jetzt fertig gedruckt, und wird, denke ich, sehr bald ausgegeben werden. Sie enthält die Lehre von dem Verhalten des objectiven Lichtes im Auge; die Lehre von den Gesichtsempfindungen und Wahrnehmungen soll die zweite Abtheilung bilden.

Die Naturwissenschaften sind mit Ausnahme der geologischen Zweige hier etwas stiefmütterlich vertreten, die bedeutendsten Leute gehören hier der historisch-philologischen Richtung an, und unseren Umgang werden wir uns wohl unter diesen suchen müssen, Welker, Ritschl, Jahn, Dahlmann, der Sanskritaner Lassen, der alte Arndt, welcher noch immer durch eine gewisse poetische Frische des Gemüths glänzt, und mit seiner Stentorstimme und Redseligkeit alle Gesellschaften beherrscht, wo er hinkommt. Auch Claus Groth, der Dichter des Quickborn, der poetischsten Gedichtsammlung, die ich lange gesehen, verweilt hier.“

Während aber Helmholtz glaubt, mit seinen anatomischen Vorlesungen Erfolg zu haben, schreibt ihm du Bois

am 27. April 1856, es sei nach Mittheilung von Lehnert dem Ministerium hinterbracht worden, dass er sich in der anatomischen Vorlesung Blößen gebe; du Bois habe Lehnert geantwortet, dass, obschon Alles möglich, das Dumme aber wahrscheinlich sei, dies nicht nur nicht wahrscheinlich, sondern sogar unmöglich sei, und Lehnert habe ihn darauf hin, nachdem er die Quelle jener missgünstigen Urtheile angegeben, gebeten, „dies gelegentlich persönlich dem Minister zu versichern, den Gewissensbisse folterten, in Bonn schlecht für den anatomischen Unterricht gesorgt zu haben“. Helmholtz antwortet du Bois am 3. Mai:

„Die Nachrede, welche man mir beim Minister machte, hat mich deshalb geärgert, weil man sie nicht einmal für eine Uebertreibung wirklich vorgekommener Facta gelten lassen kann, sondern sie eine reine Erfindung ist, die auf die Gesinnung dessen, der sie vorgebracht hat, kein schönes Licht wirft Ich erhielt auch Andeutungen, dass man fände, ich zöge in die Anatomie manches physiologische und chemische hinein, was der ganz gemeinen eigentlichen Anatomie den Platz verengerte, und man machte sich darüber lustig, dass in der physiologischen Optik einmal ein Cosinus vorgekommen war. Uebrigens erhielt ich häufige Beweise von Anerkennung und Interesse für meine Vorlesungen von den älteren Studirenden und schliesslich auch von meinen Collegen“

Am Schlusse des Briefes sendet Helmholtz du Bois seine herzlichsten Glückwünsche „zu dem jungen Milchphysiologen, der sich bei ihm eingestellt hat und sich wahrscheinlich schon mit den schwierigen Fragen, wie sich Raum- und Zeitvorstellungen bilden, praktisch beschäftigt, und davon jetzt mehr weiss, als alle gelehrten Physiologen der Welt“.

Und an Wittich schreibt er am 23. Juli in Bezug auf seine anatomische Vorlesung: „Ich habe zu meinem eigenen Unterricht mikroskopische Anatomie gelesen und zwar viel

darin gelernt, aber mit ungeheurem Zeitaufwand. Am interessantesten war mir die Anfertigung von Gehirn- und Rückenmarkschnitten nach der Methode von Clarke.“

Aber nicht bloss als Lehrer hatte er sich sehr bald eine erfreuliche Wirksamkeit erobert, er suchte auch die Bonner medicinische Welt, die seinen Arbeiten ziemlich fern stand, mit seinen Nervenuntersuchungen vertraut zu machen, indem er am 14. Mai: „Zuckungscurven von Froschmuskeln“, welche das Myographion gezeichnet hatte, in den Niederrheinischen Sitzungsberichten niederlegte; auch bemühte er sich, während der Fortführung seiner „Physiologischen Optik“ für diese neuen und schwierigen Untersuchungen bei den Bonner Naturforschern Interesse zu erwecken.

„Nachdem er einmal“, sagt du Bois, „in der physiologischen Optik Fuss gefasst hatte, hörte er so bald nicht wieder auf, sich mit hervorragenden Punkten dieser ihn offenbar besonders fesselnden Disciplin zu beschäftigen“, und so legte er am 6. März der Niederrheinischen Gesellschaft eine kurze, aber wichtige und interessante Mittheilung „Ueber die Erklärung des Glanzes“ vor. Helmholtz stützt sich darauf, dass in der täglichen Ausübung des Sehens matte Flächen beiden Augen immer gleich stark beleuchtet und gleich gefärbt erscheinen müssen, bei glänzenden Flächen dagegen der Fall vorkommen kann, wo das eine Auge von dem an der glatten Oberfläche mehr oder weniger regelmässig gespiegelten Lichte getroffen wird, das andere nicht; so kann dabei dem ersteren Auge die Fläche in grösserer Helligkeit und, wenn das gespiegelte Licht eine andere Farbe als die Fläche hat, auch in anderer Farbe erscheinen als dem anderen, wenn auch im Allgemeinen diese Farbdifferenzen, welche in der täglichen Erfahrung beiden Augen glänzende Flächen darbieten, meist sehr gering sind. Wird nun dem Beobachter mittelst des Stereoskops der Anblick einer Fläche dargeboten, die dem einen Auge heller oder etwas anders gefärbt erscheint als dem anderen, so schliesst

er nach Analogie dessen, was die tägliche Erfahrung gelehrt hat, dass diese Fläche glänzend sei, eine Erscheinung, welche schon längere Zeit bekannt, aber nicht treffend erklärt worden war. Bei grösserer Farbendifferenz fehlt jede Analogie mit der Erfahrung, und das Urtheil entscheidet sich deshalb bei verschiedenen Personen verschieden, indem die einen die Mischfarbe, die anderen unregelmässige Farbenflecke zu sehen behaupten. Aeusserst wichtig ist die von Helmholtz gezogene Schlussfolgerung, dass die Empfindung eines jeden einzelnen Auges auch einzeln zum Bewusstsein komme, dass also das Einfachsehen mit beiden Augen nicht eine Folge einer anatomischen Vereinigung der entsprechenden Nervenfasern, sondern die Folge eines Actes des Urtheils sei.

Zunächst ist nun Helmholtz damit beschäftigt, seine physiologisch-optischen Forschungen für sein Handbuch zusammenzustellen, dessen erste Lieferung noch in demselben Jahre erschien, und deren Fertigstellung weit länger gedauert, als er es gewünscht und erwartet hatte. Schon am 4. September 1854 hatte er aus Königsberg an A. Fick geschrieben:

„Ich beeile mich Ihnen zu melden, dass ich in der That seit einiger Zeit beschäftigt bin, die physiologische Optik auszuarbeiten. Die Arbeit ist zunächst für ein grosses physikalisches Sammelwerk bestimmt, welches Prof. Karsten in Kiel dirigirt, und welches etwa die Stelle des älteren Gehler'schen Wörterbuches einnehmen soll, für das ich einige physiologische Abtheilungen übernommen habe, indessen werden die einzelnen Abtheilungen auch einzeln verkauft werden. Ich kann darin nun allerdings nicht alles so populär machen, wie es Mediciner lieben, indessen habe ich mich doch bemüht, das, was für diese ungeniessbar ist, so abzusondern, dass der Rest für sie brauchbar bleibt. Ich bin mit der Arbeit noch nicht weit vorgeschritten, wenigstens nicht dem Umfange nach, weil ich mit den schwersten Theilen, Brechung, Accommodation u. s. w., angefangen habe, und mich verleiten liess, noch neue systematische Messungen

auszuführen, namentlich an lebenden Augen, bei denen sich eigentlich nur so viel herausgestellt hat, dass die Formen der Augen so unregelmässig sind, dass genaue Messungen gar nicht lohnen. Dann habe ich noch viel mit Farben experimentirt. . . . Durch diese Arbeiten ist nun die Ausarbeitung meiner physiologischen Optik sehr verzögert worden, und während ich Anfangs hoffte, am Ende dieses Jahres damit fertig zu werden, wird nun wohl noch der grösste Theil des nächsten Jahres darauf hingehen. Es sind in der physiologischen Optik so sehr viele, viel besprochene Punkte, welche durch ein Paar richtig angestellte Versuche zu erledigen sind, und über die man sich schämt, viel hin und her zu sprechen, ohne diese Versuche anzustellen, dass ich überhaupt auch jetzt noch nicht hoffe, gerade schnell vorwärts zu kommen.

Nun glaube ich allerdings, dass bei aller Mühe, den Medicinern verständlich zu bleiben, mein Werk etwas umfangreich und schwerfällig wird, da ich den ganzen Umfang der Wissenschaft mit allem zugehörigen Apparate beibehalten muss. Ein kleineres Werk, das speciell die Mediciner berücksichtigte, und alles, was diese doch nicht verstehen, nur kurz in den Resultaten zusammenfasste, würde daneben doch immer wohl sein Publicum finden können, und es würde bei der jetzigen Lage der physiologischen Optik auch dadurch für die Wissenschaft ein Nutzen entstehen, dass Sie mit Ihrer scharfen mathematischen Art, die Dinge anzusehen, gezwungen sein würden, eine Reihe der zweifelhaften Punkte scharf in das Auge zu fassen und mit ordentlichen Versuchen zur Entscheidung zu bringen. Für die verschiedenen Aufsätze, welche Sie mir zugeschickt haben, sage ich Ihnen noch nachträglich meinen Dank. In der Accommodationssache ergeben meine neueren Messungen, dass auch die hintere Linsenfläche beim Nahesehen sich stärker krümmt, wenigstens nicht an Krümmung verliert. Das passt weder zu Ihres Bruders noch zu Cramer's Ansicht vom

Mechanismus. Ich selbst kann nicht sagen, dass ich schon eine feste Ansicht darüber hätte. Doch halte ich für wahrscheinlich, dass ausser dem Drucke der Iris und der veränderten Blutvertheilung noch die Spannung der Zonula, welche die Linse radial dehnen, und daher flacher machen kann, beim Nahesehen nachlasse, weil die Ciliarfortsätze durch den Tensor Chorioideae nach ihrer Länge verkürzt werden. Aber es ist dies bisher eine reine Hypothese.“

Erst im Jahre 1856 war der erste Theil des Handbuchs vollendet.

Zugleich aber hatte er sich schon in den letzten Jahren, um die Subjectivität der Sinnesempfindungen auch für die anderen Sinne festzustellen und die psychischen Prozesse beim Verständniss dieser Sinnesempfindungen zu begründen, der physiologischen Akustik zugewandt und auch hier wieder eine völlig neue Basis für die physiologische Forschung auf einem Gebiete geschaffen, auf welchem seine Arbeiten ebenso bewunderungswürdig sind, als in der physiologischen Optik. Schon am 3. Mai schreibt er an du Bois: „Ich werde nächstens eine Arbeit über die Tartini'schen Töne loslassen, aus welcher mir eine kaum gehoffte Vereinfachung der Lehre von der Combination der Gehörsempfindungen zu Consonanz und Dissonanz hervorzugehen scheint. Sauerwald's Sirene ist sehr gut geworden.“

Und an Wittich schreibt er am 21. Mai:

„Ich habe im Winter die Verbindungen der Gehörknöchelchen neu untersucht und über die Tartini'schen Töne gearbeitet. Ich bin so weit fertig, dass ich ein Resumé der Berliner Akademie geschickt habe, und jetzt an die Ausarbeitung gehen will. Ich hoffe, die ganze Lehre von der Harmonie auf die einfachen Grundfacta zurückzuführen, dass das Ohr Bewegungen, die sich in einer gewissen Geschwindigkeit regelmässig wiederholen, als continuirliche Tonempfindung auffasst, und dass continuirliche Tonempfindung als Consonanz, discontinuirliche als Dissonanz empfunden

werden. . . . Dem Richelot sagen Sie doch, dass ich jetzt den Generalbass auf eine Integration partieller Differentialgleichungen zweiter Ordnung und zweiten Grades gründen wollte — ich hoffte, dieser Gegenstand wird für ihn interessanter sein, als die Objecte meiner früheren Arbeiten.“

Aehnlich schreibt er an W. Thomson am 18. Juni:

„Der Umzug und die Nothwendigkeit, Anatomie wieder zu lesen, welche ich seit sechs Jahren nicht mehr vorgetragen hatte, haben mir allerdings viel Zeit gekostet und mich in meinen Arbeiten zurückgehalten. Ausserdem hatte ich übernommen, ein Lehrbuch der physiologischen Optik zu schreiben, wovon jetzt eine Abtheilung erschienen ist. Ich behalte mir vor, Ihnen ein Exemplar davon zuzusenden. Während des Winters habe ich einige akustische Untersuchungen gemacht, namentlich über die Combinationstöne, aus denen hervorgeht, dass diese Töne, deren Ursprung man bisher immer im Ohre selbst gesucht hat, auch ausserhalb des Ohres entstehen können, so oft die Vibrationen der Luft oder eines anderen elastischen Körpers, namentlich auch des Trommelfelles im Ohre stark genug werden, dass die zweite Potenz der Elongationen Einfluss auf die Bewegung erhält, also das Gesetz von der Superposition kleinster Schwingungen aufhört gültig zu bleiben. Sind m und n die Schwingungszahlen zweier gleichzeitig ertönender Töne, so entsteht daneben nicht nur der schon länger bekannte Ton von $(m - n)$ Schwingungen, sondern ich habe auch einen Ton von $(m + n)$ Schwingungen entdeckt.“

Am 22. Mai legte er der Berliner Akademie eine Note über Combinationstöne vor, deren Inhalt er acht Tage später der Niederrheinischen Gesellschaft mittheilte, und deren Ausführung noch in demselben Jahre in Poggendorff's Annalen erschien. Es war bekannt, dass einerseits eine ungestörte Superposition der verschiedenen Wellenzüge in der Luftmasse stattfindet, andererseits dass das Ohr, wenn es gleichzeitig von mehreren solchen Schallwellenzügen getroffen wird, fähig

ist, jeden einzelnen unter ihnen einzeln wahrzunehmen und zu erkennen; aber das Ohr hört in solchem Falle nicht nur die verschiedenen von den tönenden Körpern erregten Töne, sondern es hört ausser diesen, wenn auch schwach, noch andere Töne, die Combinationstöne, welche nicht primär von einem der tönenden Körper, sondern erst secundär durch das Zusammentreffen zweier primären Töne entstehen. Dieselben waren bisher als subjective Erscheinungen, welche auf der besonderen Art der Empfindung der Schallvibrationen durch den Hörnerv beruhten, aufgefasst; die Entscheidung eben dieser Frage, sowie der nach der Möglichkeit noch anderer als der bekannten Combinationstöne unterwarf Helmholtz einer eingehenden, durch die Hilfsmittel der mathematischen Analysis unterstützten Untersuchung.

Er nennt eine solche vibrirende Bewegung eines elastischen Körpers, bei welcher die Entfernung eines jeden schwingenden Theilchens von der Gleichgewichtslage durch die einfache mit einem constanten Factor versehene Sinusfunction eines linearen Ausdrucks der Zeit dargestellt wird, eine einfache Schwingungsbewegung, wenn die Schwingungen sich durch ein elastisches Mittel fortpflanzen, eine einfache Wellenbewegung; jede andere schwingende Bewegung, die sich, wie bereits bekannt war, durch eine additive Zusammensetzung solcher Sinusfunctionen mit Argumenten, welche andere lineare Ausdrücke der Zeit sind, darstellt, bezeichnet er als eine zusammengesetzte Schwingungs- oder Wellenbewegung. Von der Erfahrung ausgehend, dass ein geübtes Ohr überall, wo die mathematisch-mechanische Untersuchung zusammengesetzte Wellenbewegungen nachweist, Töne unterscheidet, welche den darin enthaltenen einfachen Wellenbewegungen entsprechen, legt er sich nun die oben erwähnte Frage zunächst für einfache Wellenbewegungen vor und sucht deshalb nach Mitteln, einfache Wellenbewegungen in der Luft hervorzubringen. Da aber alle tönenden elastischen Körper mehrfache Schwingungsformen annehmen, wobei sie Töne ver-

schiedener Höhe hervorbringen, wählte Helmholtz einen Ton-erreger, welcher seine Schwingungen möglichst wenig an die Luft abgiebt, während ein von dem ersteren in Mitschwingung versetzter anderer, der Resonator, so eingerichtet war, dass er seine Schwingungen leicht und stark der Luft mittheilt. Ist nun der Grundton beider Körper genau gleich, dagegen die sämtlichen höheren Nebentöne des einen von denen des anderen verschieden, so wird der Resonator nur von dem Grundton erregt werden und nur die Schwingung des Grundtones der Luft mittheilen. Helmholtz wählte eine Stimmgabel und als Resonator die Saite eines Monochordes oder Lufträumé, gebildet aus cylindrischen von Pappe verfertigten Röhren, welche an beiden Enden durch einen ebenen Boden geschlossen waren, von denen der eine in der Mitte eine runde Oeffnung besass. Mit Hülfe dieser Zusammenstellung ergab sich, dass einfache Töne, wie Helmholtz Töne einfacher Schwingungen nach Analogie der einfachen Farben des Spectrums nennt, nur solche tiefere Combinationstöne deutlich hören lassen, deren Schwingungszahl gleich der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne ist, und dass, wenn Combinationstöne anderer Ordnung daneben existiren, diese zu schwach sind, um bei mässiger Stärke der primären Töne dem Ohre hörbar zu werden. Wenn daher bei zusammengesetzten Tönen Combinationstöne höherer Ordnung oft sehr deutlich auftreten, so sind diese somit Combinationstöne der höheren Beitöne. Helmholtz findet nun noch eine zweite Klasse von Combinationstönen, deren Schwingungszahl gleich ist der Summe der primären Töne, und nennt diese neuen Töne Summationstöne, während er die früheren als Differenztöne bezeichnet.

Ausgehend von der von Ohm 1843 gemachten Annahme, dass das Ohr in seiner Empfindung die Luftbewegung genau ebenso in einfache Schwingungsbewegungen zerlegt, wie die Fourier'sche Reihe für jede periodische Function sich zusammensetzt aus der Summe von periodischen

Sinusfunctionen, oder dass jede beliebige Wellenform aus einer Anzahl einfacher Wellen von verschiedener Länge zusammengesetzt werden kann, von denen die längste dieser einfachen Wellen dieselbe Länge hat wie die gegebene Wellenform, die anderen die halbe, drittel, viertel u. s. w. dieser Länge, nennt Helmholtz Klang den zusammengesetzten Ton eines musikalischen Instrumentes, während er die Bezeichnung des Tones nur für einfache Töne anwendet. So ist Klang eigentlich ein Accord mit überwiegendem Grundton, seine Stärke gleich der Summe der Stärke der einzelnen in ihn eintretenden Töne, seine Höhe gleich der Höhe seines Grundtones. Das Ohr analysirt alle Tonwellen nach dem Fourier'schen Satze, indem es die Wellenform in eine Summe von einfachen Wellen auflöst; es empfindet den einer jeden einfachen Welle zugehörigen Ton einzeln, mag nun die Welle ursprünglich so aus der Tonquelle hervorgegangen sein oder sich erst unterwegs zusammengesetzt haben, und es hört bei gehöriger Aufmerksamkeit die den einzelnen einfachen Wellen entsprechenden Obertöne heraus.

Diese Ueberlegungen unterstützten wiederum die Anschauungen, welche Helmholtz für unsere Sinnesempfindungen aus der Optik gewonnen. Ein gewisser zusammengesetzter Ton ist das ausreichende sinnliche Zeichen für die Anwesenheit eines gewissen tönenden Körpers; in Betreff der Art seiner Zusammensetzung müssen wir jedoch für die Wahrnehmung der Obertöne unsere Aufmerksamkeit in ähnlicher Weise künstlich unterstützen, wie für die Wahrnehmung der Doppelbilder und des blinden Fleckes, gleichwie wir uns auch für gewöhnlich nicht klar machen, dass die sinnliche Anschauung eines körperlich ausgedehnten Gegenstandes aus zwei verschiedenen Netzhautbildern beider Augen zusammengesetzt ist. Helmholtz fand ferner, dass die Combinationstöne nur bei starken primären Tönen auftreten, dass ihre Intensität in einem viel stärkeren Verhältnisse wächst als die der primären Töne, und dass letztere bei

grosser Stärke neben dem Combinationstone fast ganz verschwinden können.

Aber nun griff er das Problem in seiner Allgemeinheit auch mathematisch an. Er fand die bisher stets gemachte Annahme, dass verschiedene Tonwellenzüge, welche gleichzeitig in der Luft erregt werden, sich einfach superponiren, ohne gegenseitig Einfluss auf einander zu haben, als den Grundsätzen der Mechanik widersprechend und stellte durch streng mathematische Betrachtungen fest, dass sich freilich verschiedene einfache Schwingungsbewegungen eines elastischen Körpers ungestört superponiren, so lange die Amplituden der Schwingungen so klein sind, dass die durch die Verschiebungen hervorgebrachten Bewegungskräfte diesen Verschiebungen selbst merklich proportional werden; wenn jedoch die Amplituden der Schwingungen so gross werden, dass die Quadrate der Verschiebungen einen merklichen Einfluss auf die Grösse der Bewegungskräfte erhalten, entstehen neue Systeme einfacher Schwingungsbewegungen, deren Schwingungsdauer derjenigen der Combinationstöne entspricht; die schwingenden Bewegungen der Luft, welche durch mehrere gleichzeitig wirkende Tonquellen hervorgerufen werden, sind nur dann die genaue Summe der Bewegungen, welche die einzelnen Tonquellen hervorbringen, wenn die Schwingungen von unendlich kleiner Grösse, also die Dichtigkeitsänderungen so klein sind, dass sie, verglichen mit der ganzen Dichtigkeit, nicht in Betracht kommen, und wenn ebenso die Verschiebungen der schwingenden Theilchen verschwindend klein sind gegenüber den Dimensionen der ganzen Massen, während, wenn das Gesetz nicht zutrifft, die Combinationstöne entstehen. Aus diesen Ueberlegungen ergab sich, dass der Ursprung der Combinationstöne nicht nothwendig in der Empfindungsweise des Hörnerven zu suchen ist; bei zwei gleichzeitig erklingenden Tönen von gehöriger Stärke können den Combinationstönen wirkliche Schwingungen des Trommelfelles und der Gehörknöchelchen entsprechen, welche

von dem Nervenapparate in der gewöhnlichen Weise empfunden werden. Aehnliche Verhältnisse wie bei den Bewegungen des Apparates der Trommelhöhle können sich aber auch, wie Helmholtz schloss, ausserhalb des Ohres wiederholen, so dass auch den Combinationstönen entsprechende Schwingungen ganz unabhängig vom menschlichen Ohre und ausserhalb desselben vorkommen. Er führte auch einen Versuch zum Beweise der objectiven Existenz von Combinationstönen aus. Die Natur der Combinationstöne hat also nichts zu thun mit der wunderbaren Eigenschaft des Ohres, das Durcheinander der Wellen wieder in die einzelnen Töne, die es zusammensetzen, zu zerlegen und die Stimmen der einzelnen Individuen, sowie die Klänge der verschiedenen musikalischen Instrumente zu unterscheiden; worauf aber gerade diese Eigenschaft beruht, die Bewegung der Luft, welche durch das Zusammenwirken verschiedener tönender Körper entsteht, wieder in Theile zu zerlegen, welche den Einzelwirkungen entsprechen, darüber hatte er sich freilich schon damals eine bestimmte Hypothese gebildet, glaubte dieselbe aber erst noch an verschiedenen Erscheinungen prüfen zu müssen.

So bereitete er, während er noch in die Bearbeitung seiner physiologischen Optik vertieft war, sein grosses Werk über die Lehre von den Tonempfindungen vor, und beschäftigte sich zunächst mit der Bearbeitung der hierher gehörigen physiologischen Fragen, deren Interesse noch erhöht wurde „durch das Alter, welches sie ungelöst erreicht hatten“, und durch ihre Bedeutung für Musik und Sprachwissenschaft.

Bevor Helmholtz seine Sommerreise antrat, wurde er durch den Besuch von Donders in Bonn erfreut, und fuhr sodann am 15. August nach Schwalbach,

„um dort“, wie er seinem Vater schrieb, „Professor Thomson aus Glasgow zu finden, denselben, den ich im vorigen Jahre in Kreuznach aufgesucht hatte, und der in England hauptsächlich sich mit der Theorie der Erhaltung

der Kraft beschäftigt. Er ist gegenwärtig jedenfalls einer der ersten mathematischen Physiker und von einer Schnelligkeit des Erfindens, wie ich sie noch bei keinem anderen Gelehrten gesehen habe.“

Nachdem er einen Tag dort im Hause von Thomson zugebracht und sich noch am anderen Morgen einige neue Sirenenversuche hatte auseinandersetzen lassen, die sich Thomson während der Nacht ausgedacht und „die, wenn sie gelingen, äusserst frappante Resultate geben müssen“, traf er mit seinem Reisegefährten für die Schweiz, Dr. Otto Weber, Privatdocenten der Chirurgie in Bonn, „einem jungen talentvollen Manne, der früher auch viele geologische Studien gemacht hat“, in Frankfurt zusammen. Von Heidelberg, wo er „Kirchhoff schon abgereist, Bunsen im Packen begriffen“ fand, begab er sich über Basel — wo er seiner Frau eine begeisterte Schilderung der Holbein'schen Handzeichnungen entwirft, „von wirklich ausgezeichneter Vollendung; so viel Kraft, Charakter und dramatisches Leben findet man selten bei einander, nur die Grazie fehlt“ — nach Chamounix, wo er mehrere grosse Berg- und Gletschertouren unternahm, die er in ihren Schönheiten, aber auch in ihren Gefahren seiner Frau in den lebhaftesten Farben schildert. Ermüdung und Sehnsucht nach Arbeit führen aber „den 35 jährigen Ehekrüppel“ schon am 1. September wieder nach Bonn zurück. Wenige Tage später erhält er auch schon die Exemplare der ersten Lieferung seines Handbuches der physiologischen Optik, in welcher er die Resultate seiner langjährigen Untersuchungen zu einem harmonischen Ganzen zusammenfasst.

Wenn man von der Ausführung der in den bereits besprochenen physiologisch-optischen Abhandlungen veröffentlichten Untersuchungen und von der durch ihre umfassende Vollständigkeit und kritische Uebearbeitung bewundernswerthen Zusammenstellung aller in dieses Gebiet fallenden Arbeiten absieht, so enthält diese Lieferung noch eine Reihe

neuer und überaus wichtiger Resultate, welche dem ganzen Aufbau der physiologischen Optik eine mathematisch sichere Basis verleihen. Nachdem er eine ausführliche anatomische Beschreibung des Auges vorausgeschickt, theilt er die Lehre von den Gesichtsempfindungen in drei Abschnitte: in die Lehre von den Wegen des Lichtes im Auge, von den Empfindungen des Sehnervenapparates und von dem Verständniss der Gesichtsempfindungen oder von den Gesichtswahrnehmungen. In dem ersten erschienenen Theile behandelt er hauptsächlich das Problem der Brechung der Lichtstrahlen oder die Dioptrik des Auges. Er giebt zunächst eine einfachere und umfassendere Darstellung der Lichtbrechung in centrischen Systemen brechender und spiegelnder Kugelflächen, als sie von Gauss entwickelt worden, und wendet die gefundenen Gesetze auf die Brechung der Lichtstrahlen in den Augenmedien an, wobei er zu dem interessanten Satze gelangt, dass die Entfernung der Hauptpunkte von einander in der Krystalllinse kleiner ist als in einer Linse, welche dieselbe Form und das Brechungsvermögen des Kernes hätte; zugleich aber wird er in Folge von Messungen, die er an lebenden Augen ausgeführt, zu Zweifeln darüber angeregt, ob Form und Brennweite todter Linsen denen des lebenden fern sehenden Auges gleich sind. Er unterwirft die verschiedenen von Listing gegebenen Reductionsmethoden einer genauen Untersuchung und bespricht dann nach Begriffsbestimmung der Accommodation den Mechanismus derselben und die Theorie der Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut mit Angabe aller früher von Anderen und ihm selbst mit den verschiedenen Optometern durchgeführten Messungen. Er giebt ausführliche Auseinandersetzungen über den Astigmatismus und die entoptischen Erscheinungen im Auge, berührt die Farbenuntersuchungen jedoch in diesem ersten Theile nur so weit, als sie die Farbenzerstreuung im Auge selbst betreffen. Interessant ist die Berechnung der Helligkeit in einem durch Dispersion erzeugten Zerstreuungskreise

eines einzelnen leuchtenden Punktes, sowie am Rande einer gleichmässig erleuchteten Fläche, woraus die Erklärung hergeleitet wird, warum die Farbenzerstreuung der Bilder im Auge der Schärfe des Sehens so wenig Eintrag thut; eine Zusammenstellung von Linsen, welche im Stande waren, das Auge achromatisch zu machen, hat die Schärfe des Gesichts nicht merklich erhöht. Endlich entwickelt er noch die Brechung im Scheitel eines ungleichaxigen Ellipsoids und untersucht Strahlenbündel, welche schief auf eine kugelige Fläche fallen.

Zur Begründung der mathematischen Theorie des Augenleuchtens und der Augenspiegel entwickelt Helmholtz einige allgemeinere Sätze, als sie sich in der von ihm veröffentlichten Schrift über den Augenspiegel finden, und von denen die folgenden hervorgehoben werden mögen: 1. Wenn zwei Lichtstrahlen in entgegengesetzter Richtung durch beliebig viele einfach brechende Mittel gehen und in einem dieser Medien in eine gerade Linie zusammenfallen, so fallen sie in allen zusammen. 2. Wenn die Pupille des beobachteten Auges leuchtend erscheinen soll, so muss sich auf seiner Netzhaut das Bild der Lichtquelle ganz oder theilweise mit dem Bilde der Pupille des Beobachters decken. 3. Wenn in einem centrischen Systeme von brechenden Kugelflächen n_1 das Brechungsverhältniss des ersten, n_2 das des letzten brechenden Mittels ist, und es befindet sich in dem ersten senkrecht gegen die Axe des Systems gerichtet und der Axe nahe ein Flächenelement α , in dem letzten ein ebensolches β , so fällt, wenn α die Helligkeit $n_1^2 \cdot H$ und β die Helligkeit $n_2^2 \cdot H$ hat, ebenso viel Licht von α auf β als von β auf α , und dieses Gesetz, auf die Verhältnisse des Augenleuchtens angewandt, sagt dann aus, dass die Menge Licht, welche von einem Flächenelemente der Netzhaut des beobachteten Auges in das Auge des Beobachters fällt, gleich ist der Helligkeit, mit der das Netzhautelement von der Lichtquelle erleuchtet wird, multiplicirt mit der Menge

Licht, welche von der Pupille des Beobachters, wenn sie die Helligkeit = 1 hätte, auf das Netzhautelement fallen würde. Durch diese Gesetze gelingt es ihm, ein allgemeines Verfahren anzugeben, um die Helligkeit zu bestimmen, mit welcher dem Beobachter durch einen Augenspiegel eine Stelle der Netzhaut des beobachteten Auges erscheint, und darauf gründet er wiederum die Vergleichung der verschiedenen Formen des Augenspiegels. Ueberall ist die historische Entwicklung bis in die Einzelheiten klar dargelegt, und die Uebersicht der Literatur auf das Gewissenhafteste durchgeführt.

Den ersten Separatabdruck übersandte er seinem Vater, der ihm voll Freude in einem Briefe vom 27. September dankt:

„Für das erste Heft Deiner physiologischen Optik danke ich Dir herzlich, bedauere aber den armen Buchhändler, der so viel Kosten an den Druck gewandt hat, und es nun doch nicht herausgeben kann, da es mitten in einem Absatze abbricht. Uebrigens hat mich die Schärfe und Kunst der Beobachtung und des Experimentes gar sehr erfreut. Aber wenn man sieht, welchen Reichthum und welche Kunst die Natur für einen so einfachen Process, wie das empirische Sehen, aufwendet, und wie im Körper selbst wieder jeder kleinere Theil dieselben Stoffe zu so verschiedenen Formen und Stoffen durchbildet und absondert, wie kann man sich vor solcher unendlicher Menge von Geheimnissen, vor denen man steht, und wo die Lösung des einen immer eine Anzahl neuer entdecken lässt, noch einbilden, es könne je die Wissenschaft und Kunst ein lebendiges Wesen, wohl gar einen Menschen schaffen. Uebrigens will ich Dich auf: Franz Bako von Verulam von Kuno Fischer aufmerksam machen, falls es Dir entgangen sein sollte. Es macht das Buch das Verhältniss der wissenschaftlichen Naturbeobachtung zu der übrigen transcendentalen Forschung und überhaupt den Geist und die Entwicklung der neueren Wissenschaft sehr

klar, und ist für mich sehr belehrend gewesen. Der Bako selbst war ein ausserordentlicher Mensch, einer jener grossen Bahnbrecher, die der ganzen Entwicklung der Menschen eine Richtung geben. Auch ist mir jüngst klar geworden, warum Dir Schopenhauer sein Buch geschickt hat. Sein in der Zeitung und überall sonst ihn angreifender Schüler Frauenstädt beschuldigt Dich in seinem Buche „Der Materialismus, seine Wahrheit und sein Irrthum“, Du habest in Deiner Vorlesung zu Kant's Gedächtniss aus Schopenhauer entlehnt, was Du über das Verhältniss des sinnlichen Eindruckes zur Vorstellung gesagt, ohne, wie sich's doch geziemte, Schopenhauer zu nennen; was er aber als solches anführt, ist theils aus Kant, theils aus Fichte's Vorlesungen über das Verhältniss der Logik zur Philosophie, von der ich mich erinnere, dass sie Schopenhauer zugleich mit mir gehört hat. Derselbe beschuldigt Dich, in Deiner anderen Vorlesung eine Auflösung und Vernichtung des Universums gelehrt zu haben, und meint, die Natur habe gewiss Kräfte genug, um, wo sie zerstöre, auch wieder neu zu schaffen. Uebrigens will Schopenhauer weder Materialist noch Idealist sein; so viel ich aber verstehe, bleibt er Pantheist, so sehr er auch den Spinozismus von sich weist. Dass er übrigens dem Materialismus seine Berechtigung und deren Grenze nachweist, und nicht polemisch gegen ihn und ableugnend auftritt, ist ganz gut, geschieht aber durch das Buch von Fischer über Bako viel gründlicher. — Deine akustische Vorlesung werde ich Meier zur Beurtheilung geben, mir ist sie zu unverständlich. . . . Die nächstes Jahr in Bonn stattfindende Versammlung der Naturforscher, bei der es wenigstens in Wien sehr flott hergegangen zu sein scheint, wird Dir Zeit und Geld genug kosten; indessen ein tüchtiger Ruf als Gelehrter wird Dir das schon wieder einbringen, Sorge nur für einen recht glänzenden Vortrag, womöglich für eine überraschende neue Entdeckung. Wenn Du so einen Ohrenschaller wie Augenspiegel erfinden könntest,

das wäre freilich das beste. Wenn das Erfinden nur so ginge, wie man wollte.“

Zugleich theilt er ihm mit:

„Mein Schulamt bin ich vom October glücklich los. Ob ich irgend eine wissenschaftliche Beschäftigung werde ergreifen können, wird von Augen und Kopf, die sehr angegriffen sind, abhängen. Es fragt sich, wie mir die Ruhe, und das Aufhören der steten inneren Reizung und Erbitterung bekommen wird.“

Am Ende desselben Jahres hielt Helmholtz in der ärztlichen Section der Niederrheinischen Gesellschaft einen Vortrag über „die Wirkungen der Muskeln des Armes“, eine Frucht seiner anatomischen Vorlesungen, worin er nachwies, dass die Bewegungen des Schultergürtels in Hebung oder Senkung des Schlüsselbeins und Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung desselben bestehen, und dass zu jeder dieser Stellungen des Schlüsselbeins eine Drehung des Schulterblattes eintreten kann, welche nicht bloss als eine accessorische Bewegung für die Hebung der Schulter, sondern als eine selbständige Bewegung zu betrachten ist. Daran knüpfen sich weitere Versuche und Ueberlegungen, welche eine Einsicht in die Muskelwirkungen zur Bewegung des Oberarmes gewähren und unter Anderem auf die bisher nicht beachtete Rotation der ersten Phalangen um ihre eigene Axe aufmerksam machen. Die beiden letztgenannten anatomischen Arbeiten, welche nahezu 14 Jahre nach seiner anatomischen Dissertation erschienen, stehen in keinem engeren inneren Zusammenhange mit seinen anderen Forschungen auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Physiologie.

Da er sich bei Abfassung seiner physiologischen Optik die gewaltige Aufgabe gestellt hatte, alle wesentlichen Punkte, die auch von anderen Physiologen und Physikern bereits untersucht und festgestellt waren, durch eigene Beobachtungen und Versuche nachzuprüfen und zu begründen, so folgt in der ganzen Reihe der Jahre, in denen er an jenem

grossen Werke fortarbeitete, eine Fülle der weittragendsten Einzelentdeckungen, welche die Wissenschaft nach allen Richtungen hin erweiterten. Im Juni 1857 legte er der Niederrheinischen Gesellschaft sein „Telestereoskop“ vor, dessen ausführliche Beschreibung noch in demselben Jahre in Poggendorff's Annalen erschien.

Am 14. Juli 1857 schreibt er an du Bois:

„Ich sitze und warte auf die Mechaniker und schmiede inzwischen physiologische Optik zusammen. Eine optische Spielerei, die ich unter dem Namen Telestereoskop (Stereoskop für die fernen Theile der Landschaft) in der Niederrheinischen Gesellschaft beschrieben habe, macht, wie ich höre, die Runde durch die politischen Zeitungen, nach dem Sitzungsberichte in der Kölner Zeitung abgedruckt; ich werde deshalb nächstens eine kurze Notiz darüber an Poggendorff schicken.“

Es war bekannt, dass die Netzhautbilder der beiden menschlichen Augen, welche selbst perspectivische Projectionen der im Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände darstellen, desto mehr von einander verschieden sind, je näher der Gegenstand den Augen steht; dass jedoch bei sehr entfernten Gegenständen, gegen deren Entfernung die Distanz der Augen verschwindend klein ist, auch der Unterschied der Bilder verschwindet, somit für uns das Hilfsmittel verloren geht, die Entfernung der Gegenstände zu schätzen und ihre körperliche Gestalt zu erkennen, worauf bekanntlich das Princip des Stereoskops beruht. Bei stereoskopischen Landschaftsbildern wählt daher der Photograph zwei beliebig weit von einander entfernte Standorte, um sich zwei hinreichend von einander verschiedene perspectivische Projectionen der Gegend zu verschaffen, so dass der Beschauer im Stereoskop ein verkleinertes Modell der Landschaft sieht, dessen Dimensionen sich zu denen der Landschaft verhalten, wie die Augendistanz des Beobachters zur Distanz der beiden Standorte der photographirenden Camera obscura.

Von diesen Erfahrungen ausgehend, stellte sich Helmholtz die Aufgabe, durch Construction eines Instrumentes, das er Telestereoskop nannte, auch bei der directen Beschauung einer Landschaft einen Theil der Vortheile zu verschaffen, welche die stereoskopischen Photographien gewähren, und zwar dadurch, dass es dem Beschauer zwei Bilder der Landschaft stereoskopisch vereinigt zeigt, welche zwei Standpunkten entsprechen, deren Distanz die der menschlichen Augen beträchtlich übertrifft. Die äusserst einfache Construction dieses Instrumentes besteht aus zwei grösseren und zwei kleineren Spiegeln, welche unter 45° gegen die Längskante des gemeinsamen hölzernen Kastens geneigt sind, so dass das von dem fernen Objecte kommende Licht zweimal unter rechten Winkeln reflectirt wird und dann parallel in die beiden Augen des Beobachters fällt; jedes Auge des Beobachters sieht somit in dem kleinen Spiegel seiner Seite den grossen Spiegel und in dem grossen die Landschaft gespiegelt, und zwar in einer solchen perspectivischen Projection, wie sie von den beiden grossen Spiegeln aus erscheint; es wird somit durch das Instrument die Augendistanz des Beobachters bis zur Grösse der Entfernung der beiden grossen Spiegel vergrössert und liefert daher eine viel grössere Verschiedenheit der beiden perspectivischen Ansichten, als die beiden Augen des Beobachters bei unmittelbarer Betrachtung der Landschaft gewähren. Durch Verbindung eines Doppelfernrohres mit einem Telestereoskop gewinnt er die Construction des stereoskopischen Doppelfernrohres, das er mit allen dahin gehörigen Berechnungen später in seinem Handbuch der physiologischen Optik veröffentlichte.

Inzwischen nahmen aber auch seine akustischen Untersuchungen eine immer grössere Ausdehnung an, und es folgten physiologisch-optische und -akustische Entdeckungen von grösster Bedeutung rasch auf einander.

Am 18. Mai 1857 schreibt er an du Bois:

„Ich habe allmählich ziemlichen Stoff zur Reform der

physiologischen Akustik angesammelt, und warte auf Instrumente, um es nach und nach fertig zu machen. Von den Resultaten will ich eines erwähnen, welches mir für die Nervenphysiologie von Interesse scheint, dass nämlich die Fasern des Acusticus, welche die höheren Töne empfinden, im Stande sein müssen, bis 150 Wechsel von Erregung und Ruhe (150 Schwebungen) in der Sekunde von einer continuirlichen Erregung zu unterscheiden, während in Sehnerv und Muskeln schon 10 bis 15 Wechsel in der Sekunde als continuirliche Erregung wirken. Es ist das in Uebereinstimmung mit dem schnellen Wechsel der elektrischen Anordnungen in den Nerven, und es scheint daraus zu folgen, dass die Trägheit jener Wirkungen in den Muskelfasern und den lichtempfindlichen Theilen der Retina liegt.“

Schon am Ende des Jahres hatte er seine Theorie der Vocale, die ihn bereits seit Monaten beschäftigte, so weit geführt, dass er am 4. November 1857 Donders mittheilen konnte, dieselben unterschieden sich auch durch die höheren Nebentöne, welche den Grundton begleiten. Wenn man in das Clavier hineinsinge, bringe man leicht bei a, o, e die den höheren Nebentönen entsprechenden Saiten zum Nachklingen — es komme dabei nur darauf an, den betreffenden Ton genau zu treffen und festzuhalten; geübteren Sängern gelinge der Versuch deshalb am besten, „meiner Frau besser als mir selbst“. Nennt man den Grundton den ersten Ton und nennt man den höheren Ton, welcher zwei-, drei-, vier u. s. w. mal so viel Schwingungen macht, den zweiten, dritten, vierten u. s. w. Ton, so ist bei a neben dem ersten Ton der dritte und fünfte deutlich, der zweite, vierte und siebente schwächer vorhanden; bei o ist der dritte etwas schwächer als bei a, während der zweite und fünfte sehr schwach sind; bei u ist fast allein der Grundton vorhanden, der dritte schwach; bei e der zweite sehr kräftig, die höheren kaum hörbar, und bei i scheint der zweite und dritte Ton im Verhältniss zu dem schwachen Grundton den hellen

Charakter des Vocals zu bedingen, während der fünfte Ton schwach vorhanden ist.

Aber noch waren grosse Schwierigkeiten zur vollständigen Ergründung der Theorie der Vocale zu überwinden, welche ihn bis zum Anfang des Jahres 1859 beschäftigten. „Ich will übrigens jetzt daran gehen, diese Fragen über den Grund der Klangfarbe ordentlich vorzunehmen, weil darin auch die Lösung der zwischen Ohm und Seebeck discutirten Grundfrage der physiologischen Akustik: welche Arten von Schwingungen entsprechen einem einzigen hörbaren Tone? steckt. Ich glaube, dass Ohm Recht hat mit der Annahme, dass das Ohr die Luftbewegungen genau nach dem Satze von Fourier zerlegt und hört“, schreibt er Donders in dem oben erwähnten Briefe.

Eine lange Reihe von Jahren war der Gegensatz in den philosophischen Anschauungen von Vater und Sohn nicht offen zu Tage getreten; da schreibt Helmholtz am 17. December seinem Vater:

„Uns geht es hier recht gut, wir sind alle gesund gewesen. In meiner amtlichen Stellung ist eine wesentliche Verbesserung dadurch eingetreten, dass Prof. Budge nach Greifswald gegangen ist, ich bin dadurch hier der einzige officielle Vertreter der Physiologie geworden, und das Ministerium kann deshalb an mich jetzt keine Anforderungen mehr machen betreffs der vergleichenden und mikroskopischen Anatomie, für die ich sonst am Ende hätte eintreten müssen. Denn wenn ich im Winter menschliche Anatomie und im Sommer Physiologie als Hauptcolleg vortrage, ist meine Zeit besetzt, und man kann billiger Weise nicht mehr von mir fordern Was meine Arbeiten betrifft, so lege ich einen Abdruck einer akustischen Arbeit bei, eine andere ist schon zur Hälfte wieder fertig, aber ich habe sie jetzt bei Seite gelegt, weil ich mich einstweilen darin festgeritten hatte, und die Sache erst vergessen und dann wieder frisch angreifen will. Einstweilen schreibe ich wieder an der

physiologischen Optik, und muss in den Weihnachtsferien auch wieder einen populären Vortrag fabriciren.“

Er ergänzt diese wenigen Zeilen, um nicht den Inhalt des letzten Briefes seines Vaters unberührt zu lassen, am 31. December durch ein ausführliches Schreiben, worin er unter anderem ausführt:

„... Was Du mir über Dein jetziges Leben geschrieben hast, hat mich sehr gefreut; ich denke, dass Dich Deine philosophischen Arbeiten desto mehr interessiren werden, je länger Du daran arbeitest. Auch scheint mir der Zeitpunkt günstig zu sein, dass sich Stimmen aus der alten Schule von Kant und Fichte dem Aelteren wieder öffentlich hören lassen, da der philosophische Rausch und zugehörige Katzenjammer der naturphilosophischen Systeme von Hegel und Schelling vorüber zu sein scheint, und die Leute wieder anfangen, sich für Philosophie zu interessiren. In die Anthropologie des jüngeren Fichte habe ich nur ein kurzes Stück hineingelesen; ich fand viel interessantes darin, aber im Ganzen machte mir das Buch doch nur den Eindruck einer Reihe von wahrscheinlichen, aber unbegründeten Hypothesen, so dass ich es liegen liess, da ich sah, dass man sich aus seinen anderen Schriften erst die Begründung würde suchen müssen. Auch scheint mir der jüngere Fichte nicht frei zu sein von dem Fehler, welcher an der seit Hegel und Schelling eingetretenen Missachtung der Philosophie Schuld ist, dass er nämlich eine Menge Sachen in den Kreis der Betrachtung zieht, über die er glaubt, absprechen zu müssen, welche gar nicht in die Philosophie gehören, welche entweder den Erfahrungswissenschaften anheimfallen, oder dem Gebiete des reinen religiösen Glaubens. Die Philosophie hat ihre grosse Bedeutung in dem Kreise der Wissenschaften als Lehre von den Wissensquellen und den Thätigkeiten des Wissens, in dem Sinne, wie Kant, und soweit ich ihn verstanden habe, der ältere Fichte sie genommen haben. Hegel wollte aber durch sie alle anderen Wissenschaften

ersetzen, und durch sie auch finden, was dem Menschen vielleicht zu wissen verwehrt ist, und hat dadurch die Philosophie offenbar von ihrem wahren Geschäfte abgewendet, und etwas unternommen, was sie nicht leisten konnte. Der grosse Haufen der studirten Leute glaubte ihm erst, und warf nachher die Philosophie ganz weg, als er sich endlich überzeugte, dass nichts dabei herauskomme. Offenbar ist der Erfolg, den Schopenhauer jetzt hat, darin gegründet, dass er auf den alten gesunden Standpunkt von Kant zurückgekehrt ist. Ich weiss nicht, ob ich Dir geschrieben habe, dass ein Schüler Schopenhauer's, Frauenstaedt, in einer Schrift gegen den Materialismus mich als Plagiator Schopenhauer's hinstellt. Dabei handelt es sich nur um Sätze, die im Wesentlichen schon Kant hatte“

Aber nun ergreift der alte Freund Fichte's für diesen Partei und schreibt am 8. Februar 1857 seinem Sohne:

„. . . . Mir selbst scheint es immer besser zu gehen; der Druck im Kopf wird mässiger, nur das Zittern der Hand erschwert mir noch immer das Schreiben, und mit der Besserung der Augen geht es langsam, doch ist eben jetzt meine schlimmste Zeit, und ich hoffe, dass Frühling und Sommer mich rascher herstellen, und auch befähigen werden, das in meiner geistigen Ausbildung so lange Versäumte nachzuholen, und bei der Einkehr in mich selbst Manches wieder aufzufinden, was noch in den Tiefen der Seele vergessen liegt, so dass es, zur Einheit gesammelt, mir die Erkenntniss erzeugen wird, welche genügt, das Leben hienieden abzuschliessen und mich für den Tod vorzubereiten. Denn da sich mir die praktischen Kräfte versagen, so ist Selbsterkenntniss dermalen eine Hauptaufgabe. Ob dabei etwas Litterarisches herauskommen wird, warte ich ruhig ab, so sehr auch F. zu solchen Arbeiten mich antreibt.

Was nun aber das betrifft, was Du über Philosophie schreibst, so urtheilst Du doch wohl ohne gründliche Ueberlegung, und hast aus Vorurtheil, oder weil es Dich in Deinem

wissenschaftlichen Treiben stört, die Anthropologie Fichte's unterschätzt und verkannt. Schon Newton, noch mehr aber Kant, zeigt, dass es nicht bloss ein empirisches Erkennen der Natur gäbe, und wenn nicht alles andere dem Glauben zu überlassen sei, so bedarf es allerdings auch ein a priorisches objectives Erkennen. Alles Verständniss der Natur setzt zuerst eine Wechselwirkung des a priorisch Ideellen mit dem Objectiven voraus, wie alles Bewusstwerden ein Erwachen der Idee von dem Objecte zu einem Verstehen des Objects, eine Qualification desselben aus der Idee ist. Denken und Beobachten müsste stets neben einander herlaufen und sich wechselweise durchdringen, wenn ein Wissen entstehen soll, und Erkenntniss der realen Wirklichkeit. So gut wie der einsichtige Arzt die Wechselwirkung von Geist und Körper zu berücksichtigen und daraus sowohl den körperlichen wie den geistigen Zustand des Individuums zu verstehen hat, hat auch der Naturforscher die Erkenntniss der Philosophie und der Philosoph die Einsichten des Naturforschers zu berücksichtigen, wenn sie uns in ihrem einseitigen Gebiete zur gründlichen objectiven Einsicht bringen wollen. Der Fehler Schelling's und Hegel's und ihrer Schüler besteht nun eben darin, dass sie der Beobachtung entbehren und aus der einen schon die ganze Welt construiren zu können glaubten, wodurch sie höchstens als Resultat irgend eine mögliche denkbare Welt, nie aber die qualitative wirkliche Welt erhielten, die ausser den scheinbaren Formen ihrer Denkbareit noch einen unendlich reichen ursprünglichen und absoluten, keiner a priorischen Construction entsprechenden Inhalt enthält; so gewannen sie das Formelle der Vorstellbarkeit, aber nie den wesentlichen Inhalt, so wenig der Natur wie des Geistes, und selbst das individuelle Ich wurde ihnen zu einer reinen Formalität, ohne wesentlich realen individuellen Gehalt, dessen Unsterblichkeit ihnen ebenso gut wie den Materialisten verloren geht, die eben auch bei den allgemeinsten

chemischen und physischen Kräften stehen bleiben und aus ihnen den lebendigen Inhalt und Geist auf ihre Weise zu einer bloss formellen Erscheinungsform des chemischen Processes machen.

Dies klar gezeigt zu haben ist des jüngeren Fichte Verdienst, obgleich es schon aus dem richtigen Verständniss der Wissenschaftslehre hervorgeht. Schon dass beiden die Unsterblichkeit verloren geht, hätte sie erschrecken lassen müssen über das Resultat, und irre werden lassen an ihrer Untersuchungsart; denn der Glaube an diese ist die Basis alles Sittlichen, Schönen und Göttlichen, und darum den rohesten Völkern und Individuen eben so nothwendig wie den Gebildetsten, daher kein natürlich gesunder Mensch seiner entbehrt und er bei allen Völkern und zu allen Zeiten sich findet. Aber so wenig der Metaphysiker je einen individuellen Geist construiren kann, ebenso wenig wird Moleschott und Vogt je einen lebendigen Leib durch Chemismus darstellen, und wenn die Chemie auch noch so ungeheure Fortschritte machen sollte, Fichte hat es meiner Ueberzeugung nach mit grossem Glücke versucht, letzteren ihre Oberflächlichkeit auf ihrem eigenen Gebiete zu beweisen. Uebrigens ist er weit davon entfernt, sich in Eure Aufgaben mischen oder gar entscheiden zu wollen über die Resultate Eurer Forschungen; aber dass er sich mit diesen, wie es mir scheint, hinlänglich bekannt macht, so weit es nöthig ist, um den allgemein wissenschaftlichen Gewinn für tiefere Erkenntniss aus ihnen zu ziehen, und zu sehen, welche Früchte sich daneben für die Seelenerkenntniss aus ihnen ziehen lassen, das solltet Ihr ihnen nicht nur nicht verwehren, sondern das sollte Euch lieb sein, da es Euch ja die Prüfung durch Beobachtung durchaus nicht entzieht, sondern nur neue Aufgaben und Aussichten der Forschung eröffnet, damit sie dem geistigen und wissenschaftlichen Bedürfnisse der Zeit gründlich genüge, und neue Aussichten der Zukunft eröffne. Sein Sohn, mit dem er in innigstem

geistigen Verkehr lebt, ist ja ein geistreicher wissenschaftlicher Arzt, der dem Vater schon das Nöthigste und Wichtigste zugeführt haben wird. Auch giebt er selbst zu, dass manches Einzelne widerlegt und bei fortschreitender Naturforschung anders erscheinen könne, dass aber eben nur die Gesamtheit der Analogien entscheiden könne, und das Wesentliche: dass die Seele Princip des Körpers, nicht aber umgekehrt der Körper der Seele sei, dass die Seele nicht bloss Geist und Selbstbewusstsein sei, sondern auch materielle Kraft, dass sich überhaupt eine rein unkörperliche Existenz des Geistes nicht vorstellen lasse, sondern Geist und Materie nur gewissermassen die durch die Reflexion gesehenen Polaritäten des Realen in ihrer Einheit und Zusammensetzung bestehenden Lebens, die Seele aber vor allem Selbstbewusstsein gestaltend lebe, geistig wie körperlich, dass das Leben ja eben nur ein Selbstbewusstsein derselben sei, obgleich sie in einem grossen Theile ihrer lebendigen Thätigkeit sich noch stets dem bewussten Willen entziehe, in ihren körperlichen Functionen, wie in ihren geistigen Instincten und Leidenschaften: das sind unumstössliche Thatsachen, die sich der etwas geschärften Beobachtung von selbst ergeben, und zugleich von der höchsten Wichtigkeit, indem sie allein die Wechselwirkung und Bestimmung zwischen Geist und Körper, die ohne sie so unerklärlich scheint, ganz von selbst ergeben. Wenn er sich nun in dem Drange, die unsterbliche Individualität der Person auch dem ungeübteren Verstande recht anschaulich zu machen, verführen lässt durch Analogie, die Vorstellung von dem jenseitigen Leben irgend wie zu veranschaulichen, und dabei die Erscheinung der Ekstase und nervösen Krankheiten, die noch so dunkel und unaufgeklärt sind, mit etwas zu grosser Gläubigkeit zu Grunde legt, so mag er unter den Schwaben eben mehr zum ängstlichen Glauben geneigt worden sein, als sich mit der Klarheit und Gesundheit seines sonstigen Wesens verträgt. Jedenfalls scheint er mir darin

Recht zu haben, dass diese sich häufenden Erscheinungen ernster von der Wissenschaft endlich geprüft werden sollten, doch hat ihn der Eifer zu weit geführt, wie er auch bescheiden in seiner Antwort, auf mein erstes, hierin ihm weitläufig zu Leibe gehendes Schreiben einzugestehen scheint, wenigstens verspricht er bei einer zu erwartenden zweiten Auflage meine Ansichten zu berücksichtigen. Und doch hätte er sich darin auf einen unstreitig tiefsinnigen Philosophen (Chr. F. Krause, 1780 bis 1832) berufen können; auch ist es natürlich, dass die Philosophen die Erscheinungen der Natur vorzugsweise gern ergreifen, welche Aufklärung über das tiefere seelische Leben zu versprechen scheinen, Hypothesen giebt ja schon Baco als wesentliches Hilfsmittel der Naturforschung an; sie sollen eben das Experiment hervorrufen und peinlich geprüft werden. Hätte Kopernikus nicht die kühne Hypothese gemacht: die Sonne steht und die Erde geht, was wäre unsere Astronomie und unsere Vorstellung von der Natur? Sollten die Philosophen aber warten, bis die Naturforscher in allen ihren Resultaten einig, und das ganze natürliche Leben gründlich und vollständig von ihnen aufgeklärt sei — gesetzt, das wäre ohne Philosophie möglich — so möchten sie wohl in alle Ewigkeit warten müssen.

Aber Selbsterkenntniss ist das, wozu ein göttlicher Instinct den Menschen fortwährend treibt; sie ist nicht möglich ohne Erkenntniss der Natur, und so werden die Naturforscher denn schon zugeben müssen, dass sich die Philosophie ihrer Resultate, mögen sie zu einer bestimmten Zeit noch so dürftig sein, zu bemächtigen sucht, um sie für das höchste Bedürfniss der Seele, welches mit dem Glauben abzuspeisen nur ein Bild der Selbstverzweiflung ist, so gut es geht zu verbrauchen. Und dafür werden einzig die Naturforscher ihr nur dankbar sein können. Denn mag auch die isolirte Naturforschung manchen zufälligen, äusserlich nachzuweisenden Nutzen stiften können, einen wissenschaftlichen Fortschritt, ja selbst eine

sichere und tiefere Einwirkung auf das Leben wird sie nur in der Begleitung der Philosophie gewinnen, da eben die gestaltende Kraft schon der reine Gedanke ist, und das geistige, wie überhaupt jede neu durchbrechende Idee allemal neue Sphären und Aufgaben, bei Beobachtung unter einem neuen Lichte des Gedankens, eröffnet; welche ganz anderen Fragen hat heutzutage der Gelehrte an die Sprachen, die Geschichte, die alten Schriftsteller zu stellen als der frühere, seitdem man die Idee der Sprache, des Alterthums, der Geschichte, der Kunst, der Religion an die Stoffsphären derselben gestellt hat, und wie so untergeordnet erscheint dagegen, was früherer Fleiss geleistet hat, und Ihr wollt Euch mit Eurer materiellen Untersuchung feindlich den Forderungen der Ideen gegenüberstellen und Euch durch sie, wie Ihr meint, in Eurer reinen Objectivität nicht stören lassen? Das wäre ein Unglück für die Wissenschaft und für das Leben, wenn Ihr in dieser Eurer dicken Sinnlichkeit Euch verhärtetet, wegen zeitweisen Missbrauchs und einiger Verirrung, die das Wesen nicht angehen. So hättest Du immer, wenn auch nicht den historischen, doch den philosophisch-psychologischen Theil durchlesen sollen, und Du würdest manche wichtige und anregende Anfrage an Deine Forschung darin gefunden haben. Wenn aber ein Philosoph wie Schopenhauer, der zu Resultaten kommt wie — „Liebe ist ein erweiterter und vertiefter Egoismus, sie will ihr Ich noch einmal“, „dem Boshaften ist die Bosheit angeboren, wie der Schlange ihr Gift und so wenig, wie sie, kann er es ändern“, „eine Besserung des Characters durch Moral ist nicht möglich, noch giebt es einen stetigen Fortschritt zum Guten“, „das Gewissen besteht in der immer vollständigeren Kenntniss von uns selbst, aus dieser erwächst Zufriedenheit oder Unzufriedenheit mit dem, was wir sind, je nachdem Egoismus, Bosheit oder Mitleid in unseren Thaten vorgewaltet hat“, „Freiheit giebt es nicht, sondern nur Nothwendigkeit der Selbstbestimmung. Ich kann thun,

was ich will, heisst nur, ich kann den innerlichen Impuls ausführen, der jenseits des Selbstbewusstseins liegt, wenn ich nicht von aussen daran gehindert werde“ u. s. w. — Euch für einen scharfen Beobachter gilt, der auf den gesunden Standpunkt von Kant zurückführe, so weiss ich nicht, was ich von Euch Rheinländern denken soll. Aufsehen will er endlich in seinem hohen Alter machen (er muss wenigstens nahe der 70 sein), und da er bei den Philosophen so schlechte Aufnahme findet, will er es wenigstens bei dem Zeitungspublicum und den für Sonderlinge so geneigten Engländern erregen. Dass Du des Plagiats von seinem Jünger beschuldigt wirst, darüber habe ich Dir selbst weitläufig geschrieben.“

Helmholtz erwidert seinem Vater am 4. März pietätvoll und bescheiden:

„Der Gesichtspunkt, von welchem aus Du das Fichte'sche Buch über Anthropologie betrachtetest, ist mir sehr interessant, ich habe diese Betrachtungsweise allerdings nicht an das Buch angelegt. Mit den Grundsätzen über das Philosophiren, die Du dabei aussprichst, stimme ich ganz überein, und wenn ich das Buch auch nur als einen etwas gelungenen Versuch betrachten darf, diese Grundsätze durchzuführen, so will ich es mir gelegentlich, wenn ich Zeit finde, wieder vornehmen, und mich nicht durch einzelne Willkürlichkeiten in der Ausführung wieder abschrecken lassen. Wir mathematischen Naturforscher sind zu einer sehr ängstlichen Genauigkeit in der Prüfung der Thatsachen und Schlussfolgen disciplinirt und zwingen uns gegenseitig, unsere Gedankensprünge in den Hypothesen, mit denen wir das noch unerforschte Terrain zu sondiren suchen, sehr kurz und knapp zu machen, so dass wir eine vielleicht zu grosse Furcht vor einer kühneren Benutzung der wissenschaftlichen Thatsachen haben, die bei anderen Gelegenheiten doch berechtigt sein kann.

Es scheint mir aus Deinem Briefe hervorzugehen, als

wenn Du einen gewissen Verdacht hättest, ich könnte ein Anhänger der trivialen Tiraden von Vogt und Moleschott sein. Nicht im Entferntesten. Ich muss auch entschieden dagegen protestiren, dass Du diese beiden Leute als Repräsentanten der Naturforschung betrachtest. Keiner von beiden hat bis jetzt durch wissenschaftliche Specialforschungen erwiesen, dass er die Achtung vor den Facten und die Besonnenheit in den Schlussfolgerungen sich zu eigen gemacht habe, welche durch die Schule der Naturforschung erlangt werden. Ein besonnener Naturforscher weiss sehr wohl, dass er dadurch, dass er etwas tiefer in das verwickelte Treiben der Naturprocesse Einblick gewonnen hat, noch nicht die Spur mehr berechtigt ist, über die Natur der Seele abzusprechen als jeder andere Mensch. Ich glaube deshalb auch nicht, dass Du Recht hast, wenn Du die grössere Zahl der besonnenen Naturforscher als Feinde der Philosophie bezeichnest. Indifferent ist allerdings der grössere Theil geworden, die Schuld davon sehe ich aber allein in den Ausschweifungen von Hegel's und Schelling's Philosophie, welche Leute ihnen allerdings als Repräsentanten aller Philosophie hingestellt wurden. Aber Lotze hat z. B. einen ziemlich ausgebreiteten Kreis von Freunden unter den Naturforschern. Ich selbst freilich kann an dem keinen Gefallen finden. Er ist mir nicht scharf und streng genug. Ich selbst fühle sehr lebhaft das Bedürfniss einer specielleren Durcharbeitung gewisser Fragen, an welche aber, so viel ich weiss, kein neuerer Philosoph sich gemacht hat, und die ganz auf dem von Kant in seinen Umrissen erforschten Felde der a priori'schen Begriffe liegen, so z. B. die Ableitung der geometrischen und mechanischen Grundsätze, der Grund, warum wir das Reale in zwei Abstractionen, Materie und Kraft, logisch auflösen müssen u. s. w., dann wieder die Gesetze der unbewussten Analogieschlüsse, durch welche wir von den sinnlichen Empfindungen zu den sinnlichen Wahrnehmungen gelangen

und anderes. Ich sehe sehr wohl ein, dass dergleichen nur durch philosophische Untersuchungen gelöst werden kann, und wirklich durch solche lösbar ist, und fühle deshalb das Bedürfniss weitergehender philosophischer Erkenntniss. Schopenhauer gebe ich Dir ganz Preis; was ich selbst bisher von ihm gelesen habe, hat mir gründlich missfallen. Du hattest übrigens in Deinem letzten Briefe nichts über mein angebliches Plagiat an ihn erwähnt, sondern in einem früheren Briefe aus dem September, und da ich in mehreren Briefen an Andere und von Anderen die Sache selbst erwähnt und erwähnt gefunden hatte, so war ich nicht sicher, ob sie zwischen uns Beiden zur Sprache gekommen sei.“

Kaum hatte sich nun Helmholtz in die Bonner Verhältnisse eingelebt, als bereits wieder Versuche gemacht wurden, ihn in einen neuen Wirkungskreis überzuführen. Im April 1857 theilte ihm Bunsen mit, „dass das Badensche Ministerium Willens sei, bedeutende Opfer zu bringen, um einen ordentlichen Physiologen nach Heidelberg zu ziehen“; die Auswahl der Candidaten sei lauter physikalisches Vollblut: Brücke, Ludwig, du Bois, Helmholtz; die Facultät würde wohl die beiden letzten vorschlagen, und er bitte als Mitglied des Senats Helmholtz um Auskunft über seine jetzige Stellung und die Bedingungen, die er bei einer Berufung nach Heidelberg stellen würde. In der Antwort vom 16. Mai 1857 erklärte dieser, dass er für den Augenblick eine gewisse Verpflichtung persönlicher Dankbarkeit gegen das preussische Ministerium hätte, welches ihn um der Gesundheit seiner Frau willen hierher versetzt habe, und die Bonner Zustände seien im Augenblicke noch zu unentwickelt, als dass ihn das viele Mangelhafte darin für den Augenblick berechtigte, sich über jene Rücksicht fortzusetzen.

„Schliesslich muss ich noch bemerken, dass du Bois-Reymond wahrscheinlich sehr gern und unter mässigen

Bedingungen nach Heidelberg geht. Derselbe hat sich bei Gelegenheit meiner Versetzung nach Bonn äusserst rücksichtsvoll gegen mich verhalten, insofern er selbst wohl eine Zeit lang Lust hatte herzugehen, und es auch durch Humboldt durchgesetzt haben würde. Humboldt erklärte mir damals, er würde mein Gesuch nur dann unterstützen, wenn du Bois sich nicht bewerben wolle; darauf erklärte dieser, dass er auf die Bewerbung verzichte. Da ich nun glaube, dass für du Bois ein anständiger Wirkungskreis als Professor ord. viel wünschenswerther ist, als eine Verbesserung meiner eigenen Lage, so muss ich auf ihn die gleiche Rücksicht nehmen. Ich möchte Sie also bitten zu bewirken, dass erst du Bois gefragt wird, weil ich für den Fall, dass er entschieden wünschen sollte, nach Heidelberg zu gehen, ihm nicht hinderlich zu sein entschlossen bin.“

Er theilt am 18. Mai du Bois den Inhalt des an Bunsen gerichteten Schreibens mit, klagte über die Aussichtslosigkeit auf den Bau eines Anatomiegebäudes und über die Verhältnisse in der Facultät: „Busch und ich sind der compacten Reactionspartei gegenüber machtlos und widerstreben vergebens dem Systeme wissenschaftlicher Polizei, welches hier namentlich gegen die concurrirenden Privatdocenten geübt wird. Auch der Studienplan der Mediciner ist gründlich verfahren Es bleibt hier nichts übrig, als dass man sich entschliesst, die Welt laufen zu lassen, wie sie läuft; dann kann ich ein ausreichendes Einkommen in der reizenden Umgebung behaglich verzehren, und mir auch Zeit zum Arbeiten verschaffen.“ Als du Bois am 24. Mai Helmholtz mittheilte, dass er fest entschlossen sei, nach Heidelberg zu gehen, wenn ihm nicht in Berlin nach allen Richtungen hin befriedigende Anerbietungen gemacht würden, konnte ihm Helmholtz schon am 26. Mai melden, dass der Prodecan der medicinischen Facultät in Heidelberg bei ihm gewesen sei, um mit ihm wegen Uebernahme der physiologischen Professur zu verhandeln, dass

er ihm jedoch dieselbe Antwort wie Bunsen gegeben habe.

Zugleich machte er du Bois aber auch eine interessante wissenschaftliche Mittheilung, aus welcher wir entnehmen können, dass er schon in dieser Zeit mit den erst 13 Jahre später veröffentlichten elektrodynamischen Untersuchungen beschäftigt gewesen ist, indem er hinzufügt:

„Weber's Grundgesetz kann kein definitives Grundgesetz sein; für geschlossene Leiter stimmt es mit Neumann's Gesetzen und der Wirklichkeit. Für ungeschlossene Ströme differirt es mit Neumann's Gesetzen, welche letztere dem Princip der Erhaltung der Kraft genügen, aber es fehlt die Entscheidung durch den Versuch, die auch sehr schwer zu gewinnen sein wird.“

Am 20. Juni benachrichtigt Kirchhoff seinen alten Freund Helmholtz, dass derselbe allein von der Facultät vorgeschlagen sei, und bittet ihn, falls er den Ruf ablehnen sollte, sich für die Berufung du Bois' beim Minister auszusprechen. Am 14. Juli konnte Helmholtz du Bois benachrichtigen, dass, nachdem er in einem ausführlichen Berichte Johannes Schulze die Sachlage dargestellt, ihm das Preussische Ministerium ausser einer Gehaltszulage von 400 Thalern eine erneute Zusicherung für den Neubau der Anatomie gegeben, und er in Folge dessen nach Heidelberg angezeigt habe, dass er definitiv entschlossen sei, in Bonn zu bleiben.

Helmholtz wurde noch im Juli durch den Besuch seines Vaters und seiner Schwester Julie erfreut. Er musste es nur bedauern, dass sich die Hoffnung seines alten Vaters, mit seinem Freunde Fichte zusammenzukommen, nicht erfüllen sollte; ein schweres Unglück, welches dessen Sohn getroffen, verhinderte das Wiedersehen der Freunde in Bonn. Helmholtz machte sodann eine mehrwöchentliche Reise in die Schweiz, deren äussersten Punkt der Gorner Grat bildete. Wieder sendet er seiner Frau schöne und enthusiastische

Schilderungen, kehrte jedoch bereits am Ende des August wieder nach Bonn zurück, um die nöthigen Vorbereitungen zu der Ende September dort tagenden Naturforscherversammlung zu treffen, über deren Verlauf er seinem Vater auf dessen Wunsch am 3. October berichtet:

„ Bis vorgestern ist es bei uns immer noch etwas unruhig zugegangen. Von Eurer Abreise ab sind fort-dauernd Fremde hier gewesen, die uns mehr oder weniger in Beschlag nahmen, und uns nicht zur Besinnung kommen liessen. Die Naturforscherversammlung selbst war sehr besucht (gegen 1000 Mitglieder), es war eine Menge von interessanten und bedeutenden Leuten hier, — wenn auch die bedeutendsten meist fehlten — mehr, als man verbrauchen konnte, so dass ich manchen, mit dem ich gern verkehrt hätte, kaum gesehen habe. So war die Versammlung wohl sehr interessant, aber auch eine wahre Hetzjagd für mich, obgleich ich von den meisten Vergnügungspartien zurückgeblieben bin. Auch Olga war ganz angegriffen, weil sie in meiner Abwesenheit eine Menge Besuche abgefangen hatte, die sich drängten. Von unseren Stuben waren nur zwei besetzt; es wohnten bei uns Professor Dove aus Berlin und v. Wittich aus Königsberg. Beide waren aber ebenso wie ich fast den ganzen Tag aus. Wittich und ich assen meist zu Hause. Bei der geistigen Anstrengung hätte ich grosse Gastmähler nicht aushalten können. Gleich das erste, das ich mitmachte, machte mich für den folgenden Tag caput. So ist bei uns also nicht viel getafelt worden, nur einen Abend hatten wir zum Thee einige Herren bei uns. Aber vor und nach der Versammlung haben wir allerdings viel Kaffee und Thee ausgeschenkt an die Vor- und Nachläufer.

Ich selbst habe in einer gemeinsamen Sitzung in der Reitbahn einen Vortrag über das Telestereoskop gehalten, und hatte zwei solche Instrumente verschiedener Art erst im Saale, nachher in der Anatomie, zuletzt in meiner

Wohnung aufgestellt, und hatte viel zu thun, um die Leute, die es sehen wollten, alle dazu anzuleiten. In der anatomischen Section, die recht gut zusammengesetzt war und stark besucht wurde, habe ich Versuche mit dem Myographion über Zeitmessung an den Nerven ausgeführt und erklärt, weil diese Versuche noch wenig gesehen und wiederholt sind. Dann habe ich einen kürzeren Vortrag über Bewegung der Gehörknöchelchen mit Vorzeigung besonderer Präparate ebenda gehalten. In der physikalischen Section habe ich über Combinationstöne gesprochen. Ausserdem habe ich mich an der Debatte wegen der Geldverwendung betheilig, wobei ich freilich in der Minorität blieb, wie Du aus den Zeitungen schon ersehen hast, aber meine Minorität besass desto mehr Autorität. Auch hatte ich eine unerwartete Genugthuung. Unmittelbar nachher bekam ich aus München einen Brief im Auftrage des Königs von Bayern, welcher gewillt ist, jährlich eine beträchtliche Summe genau zu dem Zwecke zu verwenden, den ich der Naturforscherversammlung vorgeschlagen hatte, nämlich Geld zu geben für wissenschaftliche Untersuchungen, welche die Kräfte von Privatpersonen übersteigen, und welcher Vorschläge über dessen Verwendung zu haben wünscht. Von den Vergnügungspartien habe ich allein nur die Fahrt nach Coblenz und mit Olga das Concert mitgemacht. Die erstere Fahrt war vom Wetter sehr begünstigt, und die Beleuchtung der Apollinariskirche machte sich wunderschön. Der Prinzessin von Preussen bin ich auch als Erfinder des Augenspiegels vorgestellt worden, worüber sie einige huldvolle Bemerkungen machte. Uebrigens war bei allen diesen Partien ein furchtbares Gedränge und grosse Noth, etwas zu essen zu erhalten. Das Concert, welches die Stadt Bonn gab, war die Perle der Festlichkeiten. Es wurden nur Beethoven'sche Sachen aufgeführt.“

Die allgemein interessanten akustischen Untersuchungen waren auch zur Kenntniss des Königs von Bayern gelangt,

und Helmholtz erhielt die Aufforderung, einen kurzen Bericht über die Resultate seiner Forschungen auf dem Gebiete der Tonlehre zum Zwecke der Kenntnissnahme von Seiten des Königs zu verfassen. Am 7. Februar 1858 war ihm ein Schreiben des bayerischen Ministers v. Zweel zugegangen:

„Ew. Hochwohlgeboren schätzbares Schreiben vom 25. v. M. habe ich zu empfangen die Ehre gehabt und den Inhalt desselben bereits auch zur Allerhöchsten Kenntniss Sr. Majestät des Königs gebracht. Da sich Allerhöchstderselbe für Ihre merkwürdigen Untersuchungen interessiren, so wäre es mir sehr angenehm, wenn mir Ew. Hochwohlgeboren über den Fortgang derselben von Zeit zu Zeit, etwa von drei zu drei Monaten eine, wenn auch ganz kurze Mittheilung machen würden. Ich würde sodann diese Relationen meinem allergnädigsten König und Herrn zur Allerhöchsten Einsicht vorlegen. Indem ich um thunlichste Berücksichtigung dieses Wunsches bitte, benutze ich“

Und bereits am 15. April 1858 schreibt Helmholtz an du Bois:

„Auf Kosten des Königs von Bayern habe ich mir jetzt einen complicirten Apparat zusammengebaut, um Stimmgabelschwingungen durch Elektromagnetismus nach Willkür zu dirigiren, Intensität und Phasenunterschiede vollständig zu beherrschen, und will damit Klangfarben zusammensetzen.“

Die Bewilligung des Königs für diesen Apparat betrug 400 Gulden.

Nachdem er im Wintersemester seine Vorlesungen und wissenschaftlichen Arbeiten wieder aufgenommen, wandte sich Bunsen am 15. December 1857 nochmals mit der Mittheilung an ihn, dass der badische Ministerialreferent in Universitätssachen die Hoffnung noch immer nicht ganz aufgegeben habe, Helmholtz für Heidelberg zu gewinnen, da der Neubau des Instituts in Bonn wiederum verschoben, und somit ein Theil der Gründe seiner Ablehnung weg-

gefallen zu sein scheint, und dass derselbe deshalb bisher auf alle Schritte zu einer anderweitigen Besetzung verzichtet habe; die inzwischen vorgerückte Zeit mache aber eine Gewissheit sehr wünschenswerth, und er frage ihn in dessen Auftrage an, ob das Ministerium in erneute Unterhandlungen mit ihm treten dürfe. Bunsen hebt die grosse Bedeutung seiner Berufung für die Heidelberger Universität hervor und macht in Betreff des Neubaus des Bonner Laboratoriums seine eigenen Erfahrungen in Breslau geltend.

Helmholtz berichtet mit Bezug hierauf am 19. December seinem Vater: „dass die Heidelberger wieder mit mir Unterhandlungen angeknüpft haben, werde ich Dir geschrieben haben; sie sind noch in Schweben, da ich wegen des Neubaus der Anatomie keine genügende Zusicherung bisher erhalten können.“ Und sein Vater rath ihm dringend, nach Heidelberg zu gehen:

„Für Dein wissenschaftliches Leben und die Befriedigung in Deinem Amte öffnen sich offenbar in Heidelberg ganz andere Aussichten als in Bonn; auch kann selbst die Beschränkung auf die Physiologie dort Deiner eigentlichen wissenschaftlichen Aufgabe nur förderlich sein; Deine Verpflichtungen gegen den Staat werden aber bei Deiner Lebensstellung von denen gegen die Wissenschaft überboten.“

So nahm nun Helmholtz den Ruf nach Heidelberg an; am 27. Februar 1858 schreibt ihm Kirchhoff: „Ganz Heidelberg jubelt darüber, dass Sie herkommen, und ich hoffe sicher, dass auch Sie Sich hier behagen werden“; und Bunsen meldet am 28. Februar: „Eine recht arge Verbrennung der rechten Hand lässt mich nur mit Mühe die Feder führen, so dass ich Ihnen nur mit zwei Worten sagen kann, wie sehr wir uns alle freuen, dass Sie kommen.“ Schon am 5. März konnte Helmholtz du Bois anzeigen, dass er soeben sein Abschiedsgesuch an Raumer gerichtet habe, da nach seiner ersten Ablehnung des Rufes nach Heidelberg der Senat und Minister es nicht mehr für nöthig

erachtet hätten, irgend etwas für ihn zu thun und die gegebenen Versprechungen zu halten. Noch an demselben Tage schreibt er seinem Vater:

„ Endlich ist es so weit gekommen, dass ich die Berufung nach Heidelberg angenommen habe. Ich habe heute schon mein Entlassungsgesuch an den Minister v. Raumer eingereicht. Die Verhandlungen über den Neubau der Anatomie sind erst im Preussischen Ministerium ganz ohne Grund vier Monate liegen geblieben, endlich ist wieder eine unbestimmte, verschiebende Antwort gekommen, und die Stimmung des akademischen Senats, welcher durch Verkauf einiger der Universität gehöriger Grundstücke einen Theil der Kosten decken soll, ist ganz unzuverlässig, so dass jetzt allerdings eine gewisse Wahrscheinlichkeit für den Bau der Anatomie vorliegt, aber keinerlei Sicherheit. Dagegen erhalte ich in Heidelberg eine für meine wissenschaftliche Thätigkeit in jeder Beziehung bequeme Stellung. Ich war in der Fastnachtszeit, wo hier am Rhein einige Tage Ferien gemacht werden müssen, selbst in Heidelberg, um mir die Gelegenheiten anzusehen, und schliesslich auch in Karlsruhe. Die vorhandenen älteren Localien in Heidelberg waren nicht zu gebrauchen, ich musste den Neubau eines physiologischen Instituts fordern, worauf der Minister indessen ohne grosse Schwierigkeiten einging.“ Hoherfreut antwortet ihm der Vater am 9. März:

„ Ich freue mich Deines grossen Glückes, dass Du Dir einen Ruf erwerben konntest, der Dir in so jungen Jahren, noch dazu in dem Gelehrtenberuf, eine so seltene und ausgezeichnete Stellung verschafft. Ich habe Dir schon früher geschrieben, dass meiner Ueberzeugung nach Dir die Stellung in Heidelberg in jeder Beziehung vortheilhafter sein wird, als die in Bonn, wo mir der Geist der gelehrten Herren wenig und lange nicht so wie in Königsberg gefallen hat. Die Nähe des Hofes und der vornehmen Welt ist einmal der Gelehrtenwelt nicht günstig, die durch ihre

Versenkung in die Wissenschaft zu sehr zum Idealisiren geneigt und zu wenig welterfahren ist; so lassen sie sich nur zu leicht von dem Glanze des Scheines verblenden. Wenn mich also dieser Theil Deines Briefes mit Freude und Stolz erfüllt hat, so würde mich sein zweiter Inhalt, die Krankheit Deiner theuren Olga, noch mehr betrüben, wenn ich nicht des Amasis gedächte, der des Falles des Polykrates gewiss war, weil die Götter ihm bis dahin ein ungetrübtes Glück gegönnt hatten. Wen Gott liebt, den prüft er; ein ungetrübtes so grosses Glück macht uns fast unvermeidlich übermüthig; und so mag denn auch Deine liebe Olga in ihren Schmerzen der vielen Gnade gedenken, die ihr Gott in der Liebe und Ehre ihres Mannes, in ihrer Mutter, in ihren holden Kinderchen und in der glücklichen Lage geschenkt hat, und geduldig die Prüfung hinnehmen, um durch ihr standhaftes Ertragen sich des ihr geschenkten Glückes immer würdiger zu zeigen. Die ersten warmen Sommerlüfte werden sie gewiss von ihrem Leiden befreien, die hoffentlich in dem so viel südlicher gelegenen und darum sicher milderen Heidelberg und seinen sonnigen Thälern, da ja in der Nähe alle die berühmten Heilörter liegen, nicht wiederkehren werden. Dir bleibt freilich nun für die Zukunft die erhöhere Aufgabe, Deinem grossen Rufe zu genügen und dadurch den Neid über Dein Glück zu besiegen.“

Nachdem aber Helmholtz noch bis in den April hinein seine Entlassung aus dem preussischen Staatsdienste nicht erhalten, musste er seine Uebersiedelung nach Heidelberg auf den Herbst verschieben. Da traf am 28. April, nachdem er eben von einem Besuche bei Donders in Utrecht zurückgekehrt war, ein Schreiben du Bois' bei ihm ein, welches ihm den Tod von Johannes Müller meldete, und zugleich aus guter Quelle die Mittheilung brachte, dass der Prinz von Preussen in scharfen Ausdrücken Bericht über die Gründe des Abganges von Helmholtz gefordert und die

Absicht ausgesprochen habe, sich persönlich nach Baden hin zu verwenden, um Helmholtz dort seines Contractes entbinden und ihm zu neuen Verhandlungen mit der diesseitigen Regierung Raum geben zu lassen. Du Bois schrieb diese Wendung dem Einflusse von Curtius zu. Am 21. Juni meldet Helmholtz seinem Freunde Donders:

„Ich weiss noch nicht, ob Sie uns hier oder in Heidelberg treffen werden. Mit uns ist noch Alles ungewiss. Der Prinz von Preussen, welcher gegenwärtig die Regierung führt, hatte sich schon bei einigen Gelegenheiten sehr missbilligend über die Art geäussert, wie in der Verwaltung der preussischen Universitäten die wissenschaftlichen Rücksichten den kirchlichen und politischen nachgesetzt worden sind, als ihm mein Entlassungsgesuch vorgelegt wurde. Er nahm die Gelegenheit wahr, sich noch einmal darüber gegen den Minister zu expectoriren und bot an, die Sache durch seine eigene Vermittelung beim Grossherzog von Baden rückgängig zu machen. Der Minister soll anfangs nicht haben darauf eingehen wollen, weil in diesem Verfahren ein Vorwurf gegen ihn selbst lag. Schliesslich aber, als J. Müller gestorben war, und nun Noth an geeigneten Candidaten eintrat, kam an mich vom Ministerium die Anfrage, ob ich nicht unter den mir in Heidelberg gebotenen Bedingungen hier' bleiben wollte.“

Nun begannen jene Verhandlungen, die aus Unkenntniss oder Missgunst so häufig eine falsche Beurtheilung gefunden und von denen Helmholtz selbst in einem an seinen Vater am 23. Juli gerichteten Schreiben, genau übereinstimmend mit den an du Bois darüber gesandten Berichten, die nachfolgende Darstellung giebt:

„ Wir sind jetzt endlich so weit, dass eine Wohnung in Heidelberg gemiethet ist und wir uns darauf vorbereiten können, zum Anfang des September hinüber zu ziehen. Von den zu Pfingsten wieder begonnenen Unterhandlungen hat Olga Euch geschrieben. Wie ich jetzt aus guter Quelle weiss, waren sie wirklich durch den Wunsch

des Prinzen von Preussen veranlasst, was aber damals mir gegenüber durchaus abgeleugnet worden ist. Ich hatte der Badischen Regierung einmal zugesagt, die Stelle in Heidelberg zu übernehmen, sehr drängende Interessen, um Bonn vorzuziehen, hatte ich durchaus nicht; wenn es auch im Allgemeinen mein Grundsatz ist, da zu bleiben, wo es mir in vielen Beziehungen gut geht, und nicht das Bekannte und Erträgliche leicht mit Unbekanntem von lockenderem Anschein zu vertauschen, wenn überdies Olga's Kränklichkeit eine Vermeidung des Umzuges wünschen liess, auch vielleicht die pecuniären Einnahmen sich hier, wenigstens anfangs, grösser gestellt hätten, als in Heidelberg, so musste ich mir doch sagen, dass es den Leuten dort offenbar darum zu thun sei, alles anzuwenden, was zur Beförderung des wissenschaftlichen Gedeihens der mir angebotenen Stellung nöthig ist, während man mir in Preussen aus persönlichen Rücksichten jetzt, was ich wünschte, versprochen, und das Versprochene nachher auch wohl dem Wortsinne nach ausgeführt haben würde, was sich aber später noch etwa als nothwendig herausgestellt hätte, mir wäre verweigert worden, wie jetzt Alles hier für die Universität nöthige abgeschlagen wird. Ich hatte also gar keinen Grund, die Kohlen aus dem Feuer zu holen, und mich der Preussischen Regierung zu Liebe vor der Badischen zu compromittiren.

Anfangs suchte man mich dahin zu drängen, mein Wort einfach zu brechen, und erzählte mir eine Menge Geschichten von Professoren, die ihr Wort gebrochen hätten. Ich antwortete darauf etwas scharf und entschieden ablehnend. Nachher sollte ich den Antrag bei der Preussischen Regierung stellen, sie möchte mein Gesuch, von dem gegebenen Worte loszukommen, bei der Badischen unterstützen; es wurde mir eine in diesem Sinne abgefasste Erklärung vorgelegt, die ich gleich auf der Stelle unterschreiben sollte, weil sie nach Berlin telegraphirt werden müsse, und die höchste Eile — welche sich nachher als

hingirt erwies — nöthig sei. Ich wies dies zurück, und machte eine andere Erklärung, die ich unterschrieb, aus welcher Alles, was sich auf persönliche Wünsche bezog, weggelassen war, und es ganz der Regierung zugeschoben war, in Baden zu erwirken, dass ich meines Wortes entbunden werde. Dann, erklärte ich, wäre ich bereit, in Bonn zu bleiben. Ich setzte dabei deutlich und ausführlich meinen Standpunkt aus einander. Ich glaubte eigentlich nicht, dass man daraufhin Lust haben würde, zu unterhandeln, und äusserte auch ganz offen meine Meinung, dass ich nicht wüsste, warum die Badenser nachgeben sollten; aber unsere preussischen Beamten haben eine viel zu hohe Meinung von der Grösse ihres Ministers, als dass sie glauben könnten, ein kleinerer deutscher Staat würde sich nicht sogleich seinen Wünschen fügen.

Nachdem die mündlichen Verhandlungen vorüber waren, erwartete ich, dass ich aufgefordert werden würde, schriftlich meine Forderungen auszusprechen; dabei wollte ich noch einmal dem Minister gegenüber auseinandersetzen, wie ich mich zu den Verhandlungen verhalten müsste; aber zu meiner Verwunderung geschah nichts dergleichen.

Ich musste nun nach Heidelberg hin anzeigen, dass ich nicht, wie verabredet, in den Pfingstferien kommen könne, um die Einrichtung des provisorischen physiologischen Instituts zu besprechen. Gleichsam als Antwort darauf erhielt ich mein Anstellungspatent, welches ich eigentlich erst nach erhaltenem Abschied bekommen sollte, und durch dessen unbedingte Annahme ich auch juristisch gebunden gewesen wäre. Ich schrieb also an den Badischen Minister von Stengel und benachrichtigte ihn kurz von den inzwischen erfolgten Verhandlungen, wobei ich natürlich nicht Grund hatte, das zu verschweigen, was in der von mir eingenommenen Stellung für Baden günstig war. Ich sprach aus, dass ich das gegebene Wort halten würde, wenn die dortige Regierung darauf Werth lege, auch dass ich es

nicht für schicklich befunden hätte, meine eigenen Privatwünsche bei der Verhandlung geltend zu machen.

Nun scheint man von preussischer Seite die Sache so dargestellt zu haben, als hätte ich die Regierung angefleht, mich loszumachen, worauf die Badenser, sich auf meinen Brief berufend, wieder ihrerseits betont haben, dass ich entschlossen zu sein schiene, unter allen Umständen nach Heidelberg zu kommen, und das Ansinnen der Preussischen Regierung abschlagen. Auch scheint der Minister v. Raumer von den mit mir geführten mündlichen Unterhandlungen ein nicht ganz richtiges Bild gehabt zu haben, denn ich erhielt einen Brief, worin er mich aufforderte, zu erklären, wie das in der Badischen Antwort angegebene mit meiner früheren schriftlichen Erklärung stimmte. Glücklicherweise konnte ich ihm noch eine genaue Abschrift meines Briefes an Herrn v. Stengel schicken, und setzte ihm nun genau aus einander, was ich früher hier bei der mündlichen Verhandlung auseinandergesetzt habe. Ein solches Factum, wie die Abänderung der oben erwähnten schriftlichen Erklärung, wodurch meine ganze Stellung der Hauptsache nach festgestellt ist, kann man mir zum Glück nicht ableugnen. Uebrigens bat ich schliesslich noch einmal um meinen Abschied, weil es mich schwer ärgerte, dass ich als Dank für meine Nachgiebigkeit gegen die vaterländische Regierung solche Verdächtigungen einerntete.

Nachdem ich hierauf 14 Tage lang keine Antwort erhalten hatte, und von Heidelberg aus gedrängt wurde, mir eine Wohnung zu miethen, fragte ich bei J. Schulze an, und bat ihn, mich wissen zu lassen, ob der Minister noch unterhandeln wolle mit Baden. Ich erhielt in einem freundlich geschriebenen Briefe die Antwort, dass dies aufgegeben sei, und mein Abschiedsgesuch im Cabinet liege.

Darauf hin habe ich denn eine Wohnung an der Promenade in Heidelberg gemiethet, freundlich in der Nähe des Bahnhofes gelegen, mit freier Aussicht auf die Berge,

mit Gärtchen, Parterre, hübsch eingerichtet, freilich nicht so gross wie unsere jetzige.“

So musste sich denn Helmholtz schon nach dreijähriger Wirksamkeit von Bonn lossagen.

„Diese drei Jahre“, so sagt seine Schwägerin, „waren eine Fortsetzung des Königsberger Anfangs in Ehe und Leben, nur dass die äusseren Verhältnisse ein breiteres Sichausleben gestatteten, und dass die unbeschreiblich reizende Natur der Landschaft einen ganz besonders poesievollen Hintergrund für das Thun und Treiben der Tage bildete. Auch entwickelten sich die beiden Kinder lebendig und eigenthümlich, und Helmholtz war ein überaus liebevoller Vater. Freunde und geselligen Verkehr gab es in Fülle. Ich nenne nur die Familien Heine, Busch, Naumann, Otto Jahn, den Mozart-Biographen, den alten Arndt, der besonders Olga lieb hatte, den Chirurgen Weber, englische Familien und vorübergehend, aber höchst bedeutsam, Professor Donders aus Utrecht, der ein warmer Freund der Gatten wurde. Die hohe Terrasse am Rhein mit dem Blick auf den Drachenfels, wo Helmholtz's in der alten Vinea Domini wohnten, hat viel frohe und kluge Menschen versammelt gesehen, und wenn der Garten Donders zu Ehren mit farbigen Lampen illuminirt wurde, und die Kinder dazu glücklich umhersprangen, da war man erfreut bei dem Anblick dieses sonnigen Familienglückes.“

„Unauslöschlich“, schreibt Frau Geheimrath Busch, eine Tochter Mitscherlich's und die Frau des mit Helmholtz eng befreundeten Chirurgen, „steht noch jetzt nach 40 Jahren der geistreiche Kopf vor meinen Augen mit dem klaren, tiefen Blick, mit seinem klassisch ruhigen, würdigen Ausdruck. Er war meist heiter und theilnehmend, ja auch schalkhaft und hatte eine grosse Freude an Leseabenden mit vertheilten Rollen, bei welchen er mit Vorliebe in Shakespeare oder anderen klassischen Stücken Charakterrollen übernahm. Es war ein fester kleiner Kreis, bei

welchem das Helmholtz'sche Ehepaar den Vorsitz übernahm; der Universitätsrichter Wildenow und Frau, wir beide und ausserdem zwei jüngere Herren Prof. Otto Weber und Dr. med. Carl Binz bildeten die vergnügte Runde. Wohl konnte Helmholtz manches Mal still und in Gedanken versenkt sein, ich habe ihn aber nie verstimmt oder unfreundlich gesehen.“

Das letzte Jahr des Bonner Aufenthaltes hatte noch eine Reihe wichtiger Arbeiten gezeitigt; die schwierigen Probleme der Akustik hatten ihn schon seit zwei Jahren dazu geführt, sich immer mehr in die Anwendung der Green'schen Sätze auf hydrodynamische und aerodynamische Probleme zu vertiefen. So behandelte er im Jahre 1857 in einer genialen, den Mathematiker ersten Ranges erweisenden Arbeit, die betitelt war „Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen“, und im folgenden Jahre im Journal für die reine und angewandte Mathematik erschien, die Lösung äusserst schwieriger hydrodynamischer Probleme, indem er die früher zur Behandlung derselben gemachten Voraussetzungen und Beschränkungen fallen liess und zu Analogien der Wasserbewegungen mit den elektromagnetischen Wirkungen elektrischer Ströme geführt wurde, welche für seine späteren Arbeiten in der Theorie der Elektrizität und des Magnetismus von grosser Bedeutung werden sollten. Während bisher Integrale der hydrodynamischen Gleichungen fast nur unter der Voraussetzung gesucht wurden, dass die rechtwinkligen Componenten der Geschwindigkeit jedes Wassertheilchens sich aus einer bestimmten Function, welche Helmholtz das Geschwindigkeitspotential nannte, als Differentialquotienten nach den Coordinaten ergeben, — eine Voraussetzung, die stets erlaubt war, so oft die Bewegung der Wassermasse unter dem Einfluss von Kräften vor sich ging, welche selbst ein Potential haben — hob Helmholtz diese Beschränkung auf, berücksichtigte auch die Reibung der

Flüssigkeitstheilchen an einander und an festen Körpern, deren Einfluss auf Flüssigkeiten bisher noch nicht mathematisch definirt werden konnte, und suchte die Formen der Bewegung zu bestimmen, welche die Reibung in der Flüssigkeit hervorbringt. Indem er von den Bewegungsgleichungen für die inneren Punkte einer tropfbaren Flüssigkeit ausgeht, denkt er sich die Veränderung, welche irgend ein unendlich kleines Wasservolum in einem unendlich kleinen Zeittheilchen erleidet, zusammengesetzt aus drei verschiedenen Bewegungen: einer Fortführung des Wassertheilchens durch den Raum hin, einer Ausdehnung oder Zusammenziehung des Theilchens nach drei Hauptdilationsrichtungen — wobei ein jedes aus Wasser gebildete rechtwinklige Parallelepipeton, dessen Seiten den Hauptdilationsrichtungen parallel sind, rechtwinklig bleibt — und endlich einer Drehung um eine beliebig gerichtete temporäre Rotationsaxe. Er findet nun zunächst durch streng mathematische Deductionen, dass in den Fällen, in denen ein Geschwindigkeitspotential existirt, die kleinsten Wassertheilchen keine Rotationsbewegungen haben, wohl aber ist wenigstens ein Theil der Wassertheilchen in Rotation begriffen, wenn kein Geschwindigkeitspotential existirt. Nimmt man nun an, dass alle Kräfte, welche auf die Flüssigkeit wirken, ein Kräftepotential besitzen, so ergibt sich leicht, dass diejenigen Wassertheilchen, welche nicht schon von Anfang an eine Rotationsbewegung haben, auch im Verlaufe der Zeit nicht in Rotation kommen können. Nennt man nun Wirbellinien solche Linien, welche durch die Flüssigkeit so gezogen sind, dass ihre Richtung überall mit der Richtung der augenblicklichen Rotationsaxe der in ihnen liegenden Wassertheilchen zusammentrifft, so folgt wiederum aus den hydrodynamischen Gleichungen, dass eine jede Wirbellinie fortdauernd aus denselben Wassertheilchen zusammengesetzt bleibt, während sie mit diesen Wassertheilchen in der Flüssigkeit selbst fortschwimmt. Da sich aber ferner leicht aus den Ausdrücken für die Rotations-

geschwindigkeit ergibt, dass die Grösse derselben in einem bestimmten Wassertheilchen in demselben Verhältnisse sich verändert, wie der Abstand dieses Wassertheilchens von seinen Nachbarn in der Rotationsaxe, so folgert Helmholtz — indem er einen aus der Flüssigkeit herausgetheilten Faden von unendlich kleinem Querschnitt einen Wirbelfaden nennt, wenn derselbe durch Wirbellinien gebildet wird, welche durch alle Punkte des Umfanges einer unendlich kleinen Fläche gelegt sind — dass das Product aus der Rotationsgeschwindigkeit und dem Querschnitte in einem aus denselben Wassertheilchen bestehenden Stücke eines Wirbelfadens bei der Fortbewegung desselben constant bleibt, dass aber dieses Product auch selbst in der ganzen Länge desselben Wirbelfadens seinen Werth nicht ändert. Die Wirbelfäden müssen daher innerhalb der Flüssigkeit in sich zurücklaufen oder können nur an deren Grenzen endigen. Hieraus folgt aber unmittelbar, dass, wenn man die Bewegung der in der Flüssigkeit vorhandenen Wirbelfäden bestimmen kann, die Rotationsgeschwindigkeit sich daraus herleiten lässt, und dass die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen für einen gewissen Zeitpunkt bestimmt sind, wenn für denselben die Rotationsgeschwindigkeiten gegeben sind bis auf eine unbestimmte, zur Erfüllung der Grenzbedingungen verwendbare Function. Diese Bestimmung der Geschwindigkeiten ist an den überaus wichtigen Satz gebunden, dass jedes rotirende Wassertheilchen in jedem anderen Theilchen derselben Wassermasse eine Geschwindigkeit bedingt, welche senkrecht gegen die durch die Rotationsaxe des ersten Theilchens und das zweite Theilchen gelegte Ebene steht; die Grösse dieser Geschwindigkeit ist direct proportional dem Volumen des ersten Theilchens, seiner Rotationsgeschwindigkeit und dem Sinus des Winkels zwischen der Verbindungslinie der beiden Theilchen und der Rotationsaxe, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung beider Theilchen. Da aber genau dasselbe Gesetz

für die Kraft existirt, welche eine in dem ersten Theilchen befindliche elektrische, der Rotationsaxe parallele Strömung auf ein in dem zweiten Theilchen befindliches magnetisches Theilchen ausüben würde, so findet Helmholtz mit Zugrundelegung der Definition eines n -fach zusammenhängenden Raumes — nach welcher durch denselben $n-1$, aber nicht mehr Schnittflächen gelegt werden können; ohne den Raum in zwei vollständig getrennte Theile zu zerstückeln — das für den Ausbau der Elektrizitätslehre so bedeutungsvoll gewordene Gesetz: wenn in einem einfach zusammenhängenden, mit bewegter Flüssigkeit gefüllten Raume ein Geschwindigkeitspotential existirt, so sind die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen gleich und gleichgerichtet den Kräften, welche eine gewisse Vertheilung magnetischer Massen an der Oberfläche des Raumes auf ein magnetisches Theilchen im Innern ausüben würde; wenn dagegen in einem solchen Raume Wirbelfäden existiren, so sind die Geschwindigkeiten der Wassertheilchen gleich zu setzen den auf ein magnetisches Theilchen ausgeübten Kräften geschlossener elektrischer Ströme, welche theils durch die Wirbelfäden im Innern der Masse, theils in ihrer Oberfläche fließen, und deren Intensität dem Product aus dem Querschnitt der Wirbelfäden und ihrer Rotationsgeschwindigkeit proportional ist. Indem der ersten Bewegung ein eindeutiges Geschwindigkeitspotential, der zweiten in den nicht rotirenden Wassertheilchen ein mehrdeutiges Geschwindigkeitspotential entspricht, genügt es also, bei den hydrodynamischen Integralen der ersten Art die Bewegung der Oberfläche zu kennen; bei denen der zweiten Art ist noch die Bewegung der innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Wirbelfäden unter ihrem gegenseitigen Einfluss und mit Berücksichtigung der Grenzbedingungen zu bestimmen, was Helmholtz auch für gewisse einfache Fälle gelingt, wo Rotation der Wassertheilchen nur in gewissen Flächen oder Linien vorkommt, und die Gestalt dieser Flächen und Linien bei der Fort-

bewegung unverändert bleibt, wie z. B. bei geradlinig parallelen oder kreisförmigen Wirbelfäden — Sätze und Resultate, die in ihrem rein mathematischen Inhalte Grundgesetze der modernen Functionentheorie bilden. Interessant sind die Resultate, die sich für ringförmige Wirbelfäden hieraus ergeben. Haben zwei solche von kleinem Querschnitt gleiche Axe und gleiche Rotationsrichtung, so schreiten sie beide in gleichem Sinne fort, und es wird der vorangehende sich erweitern, dann langsamer fortschreiten, der nachfolgende sich verengern und schneller fortschreiten, schliesslich, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten nicht zu verschieden sind, den anderen einholen, durch ihn hindurch gehen, und nun wird sich dasselbe mit dem anderen Ringe wiederholen; ähnliche Eigenschaften gelten für entgegengesetzte Rotationsrichtungen.

Als zehn Jahre später Tait die Arbeit von Helmholtz über Wirbelbewegungen übersetzen wollte und ihm seinen Plan dazu darlegte, erwiderte dieser:

„Wenn Sie die Quaternions zu ihrer Darstellung nützlich finden, wäre sehr zu wünschen, dass Sie eine kurze Einleitung über diese selbst gäben, soweit als zum Verständniss der Anwendung auf die Wirbelbewegungen nöthig ist; denn bisher habe ich, wenigstens in Deutschland, noch keinen Mathematiker gefunden, der zu sagen gewusst hätte, was die Quaternions sind, und ich selbst bin, wie ich gestehen muss, immer noch zu träge gewesen, es mir aus den vielen kleinen Aufsätzen von Hamilton im Zusammenhange herauszusuchen.“

Gegen die von Helmholtz gemachte Annahme, dass die Bewegung eines unendlich kleinen Wasservolums zusammengesetzt gedacht werden kann aus einer Fortführung des Wassertheilchens durch den Raum hin, einer Ausziehung oder Zusammenziehung des Theilchens nach drei Hauptdilatationsrichtungen — wobei ein jedes aus Wasser gebildete rechtwinklige Parallelepipedon, dessen Seiten den

Hauptdilatationsrichtungen parallel sind, rechtwinklig bleibt, während seine Seiten zwar ihre Länge ändern, aber ihren früheren Richtungen parallel bleiben — und endlich aus einer Drehung um eine bestimmt gerichtete temporäre Rotationsaxe richteten sich die im Jahre 1868 von Bertrand erhobenen Einwürfe, welche die Allgemeinheit seiner Methode anzweifelten. Die Behauptung desselben, dass man in einer grossen Anzahl von Fällen auch schiefe Parallelepipede mit einer bestimmten Richtung ihrer Kanten construiren könne, welche sich in andere Parallelepipede transformiren, deren Kanten parallel denen des ersteren bleiben, erledigt Helmholtz in drei in den Comptes rendus von 1868 veröffentlichten Noten „Sur le mouvement le plus générale d'un fluide“, „Sur le mouvement des fluides“ und „Réponse à la Note de M. J. Bertrand du 19. octobre“, indem er zeigt, dass die von Bertrand definirte Bewegung aus der Combination einer Rotation und drei rechtwinkligen Dilatationen zusammengesetzt werden kann, und „dass er unter Dilatationen nicht Translationen verstanden habe“.

An das von Helmholtz aufgestellte Gesetz, dass ein in einer Flüssigkeit reibungslos existirender Wirbel eine für alle Zeiten unveränderliche Grösse darstellt, hat W. Thomson seine Vorstellung über die Constitution der Materie geknüpft. Er hält die Analogie des Satzes von der Erhaltung des Wirbels mit dem von der Erhaltung der Materie auch für eine innerliche, sieht die Atome als Aetherwirbel an und neigt sich der Ansicht zu, dass die chemische Verschiedenheit der Atome darin bestehe, dass wir es in ihnen mit verschiedentlich geknoteten Wirbelringen zu thun haben.

Nachdem er diese Arbeit beendet, die zunächst nur den mathematischen Physikern verständlich war, und die Kirchhoff stets mit der im folgenden Jahre veröffentlichten über Luftschwingungen in Röhren zu seinen bedeutendsten mathematisch-physikalischen Leistungen gezählt hat, beschäftigten ihn in den letzten Monaten seiner Bonner Thätigkeit auch

noch seine optischen und akustischen Untersuchungen, und er legte am 3. Juli 1858 der Niederrheinischen Gesellschaft einige Betrachtungen „Ueber die subjectiven Nachbilder im Auge“ vor, die er später in seiner Physiologischen Optik weiter ausführte. Helmholtz war schon bei seinen früheren Arbeiten über die Mischung der Farben in dem Bestreben, die Young'sche Theorie von den roth-, grün- und violett-empfindenden Sehnervenfasern zu stützen, zu dem Schlusse gekommen, dass die Spectralfarben noch nicht die gesättigsten Farben seien, welche in der Empfindung des Auges vorkommen können. Indem er diese letztere Thatsache wirklich erweisen wollte, prüfte er zunächst die von Fechner aufgestellte Theorie der subjectiven Nachbilder im Auge. Wenn man auf einen hellen Gegenstand geblickt hat, und dann die Augen auf vollkommenes Dunkel gewendet werden, zeigt sich im Anfange ein positives Nachbild, d. h. die hellen Stellen des Objectes erscheinen hell, die dunkeln dunkel; auf gleichmässig erleuchteten Flächen dagegen zeigt sich das Nachbild meistens negativ, d. h. die hellen Stellen des Objectes erscheinen dunkel, die dunkeln hell. Nach Fechner soll der Grund für diese Erscheinung darin bestehen, dass die positiven Nachbilder aus einer nachbleibenden Reizung der vom Licht getroffenen Netzhautstellen entstehen, die negativen aus ihrer Ermüdung, vermöge deren sie gegen neu einfallendes Licht weniger empfindlich geworden sind; die Stärke der Beleuchtung einer Fläche, welche nöthig ist, um das positive Nachbild, welches auf dunklem Grunde erscheint, in ein negatives zu verkehren, nimmt mit der Zeit ab.

Nachdem er diese Fechner'sche Erklärung durchaus bestätigt gefunden, erzeugte er Nachbilder von reinen prismatischen Farben in seinem Auge, betrachtete diese auf einem Felde, welches mit einer anderen prismatischen Farbe überzogen war, und fand, dass die Erscheinungen sich nicht von denen unterscheiden, welche durch Betrachtung der Farben von Naturkörpern und Farbstoffen entstehen. Inter-

essant war nun aber der Fall, wo er einen von einer Spectralfarbe hell beleuchteten runden Fleck ansah und dessen Nachbild auf einem von der Complementärfarbe überzogenen und von diffusem weissen Licht vollständig gereinigten Felde betrachtete; es erschien dann in dem Nachbilde die Complementärfarbe reiner und gesättigter als in der Umgebung des Nachbildes. Helmholtz folgerte daraus, dass, obgleich die prismatischen Farben die reinsten und gesättigsten, d. h. von eingemischtem Weiss freiesten Farben sind, welche die Natur uns bietet, doch auf dem angegebenen Wege die Empfindung einer noch gesättigteren Farbe erregt werden könne, gegen welche die reinsten prismatischen Farben weisslich erscheinen.

Helmholtz brachte in den letzten Tagen des August seine Familie nach Heidelberg, wo ihm sogleich eine grosse Ehrung zu Theil wurde; die jung entstandene ophthalmologische Gesellschaft überreichte ihm einen Pokal mit der Inschrift: „Dem Schöpfer der neuen Wissenschaft, dem Wohlthäter der Menschheit in dankbarer Erinnerung an die Erfindung des Augenspiegels“. Im September besuchte er das Meeting der British Association in Aberdeen, und danach die Naturforscherversammlung in Karlsruhe, der Hauptstadt des Landes, dem er nunmehr 13 Jahre lang seine gewaltigen Kräfte weihen sollte. In einem Vortrage „Ueber Nachbilder“ theilte er dort die oben besprochenen Versuche und Resultate kurz mit, und gab in einem zweiten Vortrage „Ueber die physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie“ im Wesentlichen und sehr gedrängt den Anschauungen Ausdruck, welche er bereits ein Jahr früher in Bonn, der Vaterstadt Beethoven's, „des gewaltigsten unter den Heroen der Tonkunst“, in einem herrlichen Vortrage „Ueber die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie“ einer grossen Versammlung begeisterter Zuhörer gegenüber ausgesprochen. Wie schon früher bei seinen optischen Untersuchungen betrat er auch hier wieder in der Akustik das ästhetische Gebiet.

„Unter allen Feldern, in denen ich gearbeitet habe“, sagte er 40 Jahre später, „habe ich mich in der Musik am meisten als Dilettant gefühlt. Kunst und Wissenschaft sind ja in allen äusseren Beziehungen und in der Methodik der Arbeit sehr verschiedene Gebiete; sonst muss ich doch sagen, dass ich von der tiefen inneren Verwandtschaft der Kunst und Wissenschaft überzeugt bin. Auch die Kunst sucht uns Wahrheiten zu verkünden, psychologische Wahrheiten, wenn auch in ganz anderer Form sinnlicher Erscheinungen und nicht in der Form des Begriffs. Aber schliesslich wird sich bei vollendeter Erscheinung ja auch die begriffliche Fassung finden müssen, und beide werden schliesslich vereint zusammen wirken.“

Dies war der Boden, auf dem er stand, als er die physikalische und physiologische Optik und Akustik in einer für die kommende Zeit maassgebenden Form mit der Aesthetik verknüpfte.

Ausgehend von der bekannten Erscheinung, dass wir das Zittern der Luft bei starken Tönen auch mit der Haut fühlen, zeigt er in seinem Vortrage, wie die Lufterschütterung erst zum Schalle wird, wenn sie das hörende Ohr trifft, und entwickelt dann zunächst seine schon früher dargelegten Anschauungen über die Correspondenz der Klangfarbe und Wellenform; er bespricht eingehend seine Theorie des Grundtones und der Obertöne und hebt hervor, dass die Obertöne in die nicht näher zu bezeichnende Eigenthümlichkeit des Tones aufgehen, die man Klangfarbe nennt; so rechtfertigt er, da die Existenz der Obertöne von der Wellenform abhängt, die Identificirung der Klangfarbe mit der Wellenform. Da nun die Schnecke des Ohres durch ausgespannte Membranen in drei Abtheilungen geschieden ist, in deren mittlerer unzählige mikroskopisch kleine Plättchen wie die Tasten eines Claviers regelmässig neben einander liegen, welche an ihrem einen Ende mit den Fasern des Hörnerven in Verbindung stehen, an ihrem anderen der

ausgespannten Membran anhängen, und da damals elastische Anhängsel der Nervenenden entdeckt worden, welche die Form steifer Härchen haben, so hielt es Helmholtz für wahrscheinlich, dass jedes derartige Anhängselchen ähnlich den Saiten des Claviers auf einen Ton abgestimmt ist, und dass jeder aussen erregte Ton nicht nur das seinem Grundton entsprechende Plättchen im Corti'schen Organe in Mitschwingung versetzt und die zugehörigen Nervenfasern erregt, sondern auch die den Obertönen entsprechenden Plättchen, wodurch die Obertöne ebenso gut empfunden werden müssen als der Grundton. Daraus folgert er, dass, streng genommen, für die Empfindung alle Töne der musikalischen Instrumente als Accorde mit vorwiegendem Grundton zu betrachten sind. Freilich ist immer eine Art der Aufmerksamkeit nöthig, um die Obertöne zu vernehmen, doch war es ihm gelungen, die Obertöne der menschlichen Stimme zu hören, und sogar andere Personen sie hören zu lassen.

Die schon von Pythagoras gemachte Entdeckung, dass Schwingungen von einfachem Zahlenverhältniss, wie Octave, Quint, Duodecime, grosse Terz, einen angenehmen Eindruck hervorbringen, während die Töne von mehr verwickeltem Verhältniss der Schwingungszahl dissonant sind, hatte in der Annahme, dass die Seele an dem einfachen Verhältniss der Schwingungen Vergnügen empfinde, offenbar keine genügende Erklärung gefunden.

„Mathematik und Musik, der schärfste Gegensatz geistiger Thätigkeit, den man auffinden kann, und doch verbunden, sich unterstützend, als wollten sie die geheime Consequenz nachweisen, die sich durch alle Thätigkeiten unseres Geistes hinzieht und die uns auch in den Offenbarungen des künstlerischen Genius unbewusste Aeusserungen geheimnissvoll wirkender Vernunftmässigkeit ahnen lässt.“

Schon die früheren akustischen Arbeiten von Helmholtz und Anderen ergaben, wenn zwei Töne nur annähernd gleiche Schwingungsdauer haben, und ihre Wellenberge

anfangs zusammenfallen, so dass sie sich verstärken, dass allmählich die Berge des einen denen des anderen voraneilen und abwechselnde Steigungen und Schwächungen des Tones erzeugen, die man Schwebungen nennt, und welche, wenn sie immer schneller werden, sich in eine kontinuierliche Tonempfindung zusammensetzen. Ist nun das Verhältniss der Grundtöne genau 2 zu 3, so sind auch die beiden Obertöne von sechs Schwingungen, deren Existenz sich früher ergab, genau gleich und stören die Harmonie der Grundtöne nicht; ist jenes Verhältniss jedoch nur angenähert wie 2 zu 3, so sind die beiden Obertöne nicht genau gleich, sondern machen mit einander Schwebungen, und der Ton wird rauh. Harmonie und Disharmonie scheiden sich dadurch, dass in der ersten die Töne neben einander so gleichmässig abfliessen, wie jeder einzelne Ton für sich, während in der Disharmonie Unverträglichkeit stattfindet, und die Töne sich gegenseitig in einzelne Stösse zertheilen, welche den Hörer quälen und ihn sich nach Harmonie sehnen lassen. Helmholtz schliesst mit einer Gegenüberstellung von Auge und Ohr, indem er hervorhebt, dass das Auge zusammengesetzte Lichtwellensysteme, d. h. zusammengesetzte Farben, nicht von einander scheiden könne, und es dem Auge gleichgültig sei, ob in der Mischfarbe Grundfarben von einfachen oder nicht einfachen Schwingungsverhältnissen vereinigt sind. Das Auge hat keine Harmonie in dem Sinne wie das Ohr, es hat keine Musik. „Die Erscheinungen des rein sinnlichen Wohlklanges sind freilich erst der niedrigste Grad des musikalisch Schönen. Für die höhere und geistige Schönheit der Musik sind Harmonie und Disharmonie nur Mittel, aber wesentliche und mächtige Mittel.“

Ende September 1858 betrat nun Helmholtz das schöne Heidelberg als neuen heimathlichen Boden und schuf dort im Verein mit Bunsen und Kirchhoff eine Zeit des Glanzes, „wie sie selten für eine Universität da war und nicht leicht wiederkehren wird“.
