

Helmholtz als Professor der Physiologie in Heidelberg von Michaelis 1858 bis Ostern 1871.

(Fortsetzung.)

Von einer kurzen Pfingstreise mit seiner jungen Frau nach Heidelberg zurückgekehrt,

„mit tiefer Rührung sprach sie noch im letzten Jahre ihres Lebens von der ersten Fahrt, die sie mit ihrem Manne, dessen Hoheit und Grösse sie ahnend empfand, nach Eberstein Schloss damals von Baden aus gemacht hatte“, findet er ein warmes Glückwunschsreiben seines alten Freundes Ludwig vor, der zugleich sein „grenzenloses Staunen über die an Bedeutung immer grossartiger werdenden Forschungen“ von Helmholtz ausspricht, aber von diesem die bescheidene Antwort erhält:

„Ich wollte aber, Du dächtest nicht so übermässig gross von meinen und so klein von Deinen Arbeiten. Jeder hat seine besonderen Fähigkeiten, und ich selbst weiss sehr genau, dass ich selbst unfähig gewesen wäre, die Abhängigkeit der Speichelsecretion von den Nerven zu entdecken oder andere Deiner Arbeiten auszuführen.“

Die neuen Verhältnisse lassen uns Helmholtz sehr bald in völlig veränderter Beleuchtung erscheinen; die düsteren Schatten, welche Jahre hindurch seinem Leben eine trübe Färbung gegeben, sind verflogen, im neu entstehenden Heim

fallen Dank der alle Welt bezaubernden Gattin funkelnde farbige Lichter auf Herz und Gemüth. Hatte der grosse Denker sich bisher zur ersten Autorität in der wissenschaftlichen Welt emporgearbeitet, alle Gelehrtenkreise mit Staunen und Bewunderung erfüllt, durch seine optischen und akustischen Arbeiten die Aufmerksamkeit und Anerkennung auch der Welt der Künstler auf sich gelenkt, so gelang es ihm jetzt, in seine Kreise immer weitere Schichten der gebildeten Welt hineinzuziehen. Wie er schon in Königsberg und Bonn durch öffentliche Vorträge seine grossen und umfassenden wissenschaftlichen Anschauungen in die weitere wissenschaftliche Welt hineinzutragen begonnen, so wurde jetzt sein Haus zum Brennpunkt wissenschaftlicher und künstlerischer Bestrebungen, und selbst bei den naturgemäss nicht ausgedehnten Heidelberger Verhältnissen fühlte man in diesem Hause ein Leben pulsiren, wie es sonst nur grosse Verhältnisse zu entwickeln gestatten.

„Durch Reisen nach England“, schreibt seine Schwägerin Freifrau v. Schmidt-Zabiérow, die ältere Tochter Robert v. Mohl's, „wie durch wiederholten langen Aufenthalt bei unseren Verwandten in Paris, in der durchgeistigten Atmosphäre des Salons unserer Tante in der Rue du Bac 120, dem Mittelpunkt vornehmer Geselligkeit, gelangte auch die glänzende Begabung meiner Schwester zur vollen Entfaltung, wurde ihr der Verkehr mit bedeutenden Menschen zum Bedürfniss. Reichliche Gelegenheit zur Anknüpfung fördernder Beziehungen ergab sich für meine Schwester nicht nur im elterlichen Hause, sondern in vielen damals in Heidelberg lebenden geistig und gesellschaftlich hochstehenden Freunden fremder Nationen. Erweiterung der Lebensanschauungen, gesteigerte Lebensbedürfnisse waren die nothwendige Folge dieser internationalen Verhältnisse. Die englische und französische Sprache beherrschte meine Schwester so vollständig wie ihre Muttersprache, jegliche Beschränkung auf abgegrenzte gesellschaftliche Kreise war ihr von früher

Jugend an unerträglich. Ihr frisches fröhliches Naturell, ihr Humor, ihr rasches Erfassen von Charakteren und Dingen mögen in ihrer Unmittelbarkeit beglückend auf Helmholtz gewirkt haben.“

Aber trotz der vielen und ausgebreiteten socialen Beziehungen spielte sich dieses durch seine Mannigfaltigkeit und geistige Vornehmheit wahrhaft wohlthuende Leben meist in seinem eigenen Hause ab, und gerade dadurch gelang es auch wiederum seiner durch Anmuth und Geist hervorragenden Frau, die Geselligkeit auf einem ungewöhnlich hohen Niveau zu erhalten und ihr stets die Grenzen zu ziehen, die mit einem unentwegten Denken und Forschen ihres Mannes verträglich waren. In seinem Arbeitszimmer und seiner Bibliothek begann Ordnung und Uebersicht zu herrschen Dank der Fürsorge seiner Frau, welche noch wenige Monate vorher als Braut ihm schrieb:

„Was werde ich noch an mir arbeiten müssen, um eine wirklich brauchbare Frau zu werden, die ihr Temperament zu angemessenem Nachdenken bringt. Verliere nur die Geduld nicht, Hermann, ich bin ohnedies leicht zu decouragiren, aber das muss ich Dir sagen, eine unordentliche Haushaltung führst Du in Deinem Schreibtisch. Wäre ich nicht viel zu gut erzogen in Beziehung auf gelehrte Unordnung, so würde ich mir erlauben, mit energischer Hand unbeschriebenes Papier von beschriebenem zu sondern und alle Briefe in eine Schublade zu legen, ungelesen notabene, — und dann nach Miss Nightingal's Princip mit einem feuchten Tuch darin zu hausen — so aber lasse ich's beim status quo und freue mich, eine menschliche Schwäche bei Dir entdeckt zu haben.“

Die Correspondenz mit seinen wissenschaftlichen Freunden nahm einen noch grösseren Umfang an als früher; wurde auch der wissenschaftliche Gehalt in seinem Briefwechsel mit du Bois dadurch geringer, dass die Arbeiten von Helmholtz allmählich auf Gebiete sich erstreckten,

welche den Untersuchungen du Bois' ferner lagen, so trat an die Stelle ein schon im Jahre 1856 beginnender und mit den Jahren immer reger und enger werdender brieflicher und persönlicher Verkehr mit W. Thomson, der nicht nur die eigenen epochemachenden Untersuchungen dieser beiden grossen Naturforscher zum Gegenstande hatte, sondern in welchem sie sich auch gegenseitig Mittheilung machten von den wichtigsten Arbeiten und Entdeckungen anderer Forscher während des langen Zeitraumes von fast 50 Jahren. So war Helmholtz der erste, welcher Thomson Nachricht gab von der Kirchhoff'schen Entdeckung der Metalle in der Sonnenatmosphäre; wenn auch der darauf bezügliche Brief sich bei Lord Kelvin nicht mehr vorfindet, so mögen doch dessen am 26. September 1902 an mich gerichtete hochinteressante Zeilen hier eine Stelle finden:

„..... There must be several others between that date and 1856, when I first had the great pleasure of making personal acquaintance with Helmholtz in Kreutznach where he came to see me, and in Bonn where I returned his visit.

„There must be a letter of November or December 1859 telling me of Kirchhoff's discovery of metals in the solar atmosphere by spectrum analysis. You may possibly find my answer which I wrote immediately on receiving it, telling him that, as chanced two or three days before, I had, in a lecture to my students in Glasgow University, told them that I had learned from Stokes that the double dark line D in the spectrum of sunlight proves that there is sodium vapour in the sun's atmosphere, and that other metals might be found there by the comparison of the Fraunhofer dark lines in the solar spectrum with the dark lines produced in flames by metals. I am sure I must also have told him that I had been giving this doctrine regularly in my lectures for several years.

„I well remember that at that time I was making „Pro-

perties of Matter“ the subject of my Friday morning lecture. On one Friday morning I had been telling my students that we must expect the definite discovery of other metals in the sun besides sodium by the comparison of Fraunhofer solar dark lines with artificial bright lines. The next Friday morning I brought Helmholtz's letter with me into my lecture and read it, by which they were told that the thing had actually been done with splendid success by Kirchhoff.....“

Die Fertigstellung des grossen akustischen Werkes hatte nach dem Erscheinen der zweiten Lieferung der physiologischen Optik schon in der ganzen letzten Zeit seine Kraft fast ausschliesslich in Anspruch genommen, und Helmholtz durfte mit dem Beginn des Jahres 1861 nach den vieljährigen Vorarbeiten endlich hoffen, in kurzer Zeit der ganzen gebildeten Welt seine tiefen akustischen und musikalischen Forschungen vorlegen zu können. Kurz nach dem schweren Unfall, der Thomson getroffen, schrieb er am 16. Januar 1861 an dessen Frau:

„..... Ich habe den Winter hindurch an meiner physiologischen Theorie der Musik gearbeitet und habe nur noch zwei Capitel zu schreiben, dann bin ich mit dem ersten Entwurf fertig, wonach ich freilich im Einzelnen noch viel werde nachbessern und umarbeiten müssen. Ich hoffe, das Buch nach Ostern zum Druck geben zu können. Mr. Thomson wird ausser dem, was ich ihm schon im Sommer darüber auseinandergesetzt habe, noch manches Neue darin finden, was ich erst später beim Ausarbeiten des Einzelnen gefunden habe. Ich bin mit meinen physikalischen Theorien ziemlich weit in die Theorie der Musik eingedrungen, weiter als ich anfangs selbst zu hoffen wagte, und die Arbeit ist mir selbst äusserst amüsant gewesen. Wenn man aus einem richtigen allgemeinen Principe die Folgerungen in den einzelnen Fällen seiner Anwendung sich entwickelt, so kommen immer neue Ueberraschungen zum Vorschein, auf die man vorher nicht gefasst war. Und da sich die Folgerungen nicht nach

der Willkür des Autors, sondern nach ihrem eigenen Gesetze entwickeln, so hat es mir oft den Eindruck gemacht, als wäre es gar nicht meine eigene Arbeit, die ich niederschreibe, sondern als ob ich nur die Arbeit eines Anderen niederschriebe. Mr. Thomson muss an seinen eigenen Arbeiten über die mechanische Wärmetheorie ähnliche Erfahrungen gemacht haben. Ich habe dabei viele Musikstücke durchsehen müssen und Geschichte der Musik studirt. Dabei sind mir auch die schottischen Lieder nützlich gewesen, weil in ihnen manche eigenthümliche alte Formen sich erhalten haben.....“

Die Bearbeitung jener zwei noch nicht abgeschlossenen Capitel bot aber abgesehen von den schon oben besprochenen Untersuchungen über die arabisch-persische Tonleiter noch grössere physikalische und mathematische Schwierigkeiten, deren Behandlung er noch vor dem Erscheinen seines Werkes in kurzen Mittheilungen veröffentlichte.

Am 26. Juli 1861 hielt Helmholtz im naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg einen Vortrag „Zur Theorie der Zungenpfeifen“, unter denen er alle solche Blasinstrumente versteht, in welchen dem Luftstrom durch einen schwingenden elastischen Körper der Weg bald geöffnet, bald verschlossen wird. Die Mechanik derselben war bisher nur von W. Weber für Pfeifen mit metallenen Zungen untersucht worden, welche wegen der grossen Masse und Elasticität der Zungen nur dann von der Luft kräftig bewegt werden, wenn sich der von der Pfeife angegebene Ton nicht zu sehr von dem Eigenton der freien Zunge unterscheidet, und somit meist unter den theoretisch möglichen Tönen nur einen einzigen Ton und zwar den angeben, welcher dem eigenen Ton der Zunge am nächsten liegt. Anders verhält es sich mit Zungen von leichtem, wenig Widerstand leistendem Material, wie es die Rohrzungen der Clarinette oder die menschlichen Lippen bei den Trompeten und Hörnern sind; Helmholtz unterscheidet zum Zwecke einer eingehenderen

Untersuchung einschlagende und ausschlagende Zungen, je nachdem die von diesen geschlossene Oeffnung frei wird, wenn sich die Zunge dem Winde entgegen nach der Windlade zu bewegt, wie die Zungen der Clarinette und die Zungenwerke der Orgel, oder wenn sie sich mit ihm gegen das Ansatzrohr bewegt, wie die menschlichen Lippen bei den Blechinstrumenten.

Indem nun die Zunge als ein Körper betrachtet wird, der durch elastische Kräfte in seine Gleichgewichtslage zurückgeführt und durch den mit dem Sinus der Zeit periodisch wechselnden Druck der Luft im Ansatzrohr wieder daraus entfernt wird, gelang es Helmholtz, aus den Bewegungsgleichungen mit Benutzung seiner Untersuchungen über die Luftbewegung im Inneren eines offenen cylindrischen Rohres, für Zungen mit cylindrischem Ansatzrohr zu folgern, dass der Augenblick stärksten Druckes in der Tiefe des Ansatzrohres fallen muss zwischen eine grösste Elongation der Zunge nach aussen, die ihm vorausgeht, und eine grösste Elongation nach innen, welche nachfolgt. Indem er die Schwingungsdauer in 360 Grade eintheilt, ergiebt sich ihm die trigonometrische Tangente des zwischen -180° und $+180^\circ$ zunehmenden Winkels, um welchen das Maximum des Druckes vor dem Durchgange der Zunge durch ihre Mittellage eintritt, als eine einfache rationale Function von drei Grössen: der Wellenlänge des Tones der freien Zunge in der Luft, der Wellenlänge des wirklich eingetretenen Tones und einer Constanten, welche bei Zungen von leichtem Material und grösserer Reibung grösser ist als bei solchen von schwerem und vollkommen elastischem Material. Zugleich folgt, dass bei einschlagenden oder ausschlagenden Zungen das Maximum der nach aussen gerichteten Geschwindigkeit der Luft zusammenfallen muss mit der grössten Elongation der Zunge nach innen oder nach aussen. Hieraus ergiebt sich aber leicht, dass die Töne gut ansprechen, bei denen die Luftsäule des Ansatzrohres wie die einer gedeckten Pfeife

schwingt, und dieselben, wie bei der Clarinette, fast unabhängig sind von der eigenen Tonhöhe der Zunge. Aehnlich behandelt nun Helmholtz Zungen mit kegelförmigem Ansatzrohr, indem er die früher in seiner grossen akustischen Arbeit für cylindrische Röhren gegebenen Betrachtungen auf kegelförmige Röhren erweitert, und findet, während man gewöhnlich die Töne der Blechinstrumente den Tönen einer offenen Pfeife gleich setzt, dass die oberen Töne bis auf einen halben Ton zu tief gegen die unteren sein können.

Mit dieser Arbeit beschliesst er zunächst wenigstens die Veröffentlichung seiner einzelnen akustischen Untersuchungen und geht nun an die Thomson schon früher angekündigte zusammenfassende Darstellung einer physiologischen Akustik.

Freude am Leben, Befriedigung und Glücksgefühl in den neuen Verhältnissen verleihen ihm wieder die alte Spannkraft des Geistes, Uermüdlichkeit in der Arbeit, zugleich aber auch wieder Sehnsucht nach Natur und Kunst — er ist eben im Begriff, die Brücke zu schlagen, die von der Physik und Physiologie zur Aesthetik führt. Nach Beendigung der Vorlesungen und einer Cur in Kissingen macht er mit seiner jungen Frau eine längere Reise in die Schweiz und nach Italien und kehrt, wie seine Freunde es später so oft erzählten, körperlich und geistig erfrischt und verjüngt, heiter und theilnehmend an allem, was ihm das Leben entgegenbrachte, in die herrliche Neckarstadt zurück, die ihm nun erst eine neue Heimath werden sollte. Seine Kinder Käthe und Richard, welche vom April an sich bei ihrer Grossmutter in Dahlem aufgehalten, holte er selbst noch im September nach Heidelberg ab, wo er nunmehr im Hause von Häusser auf der Anlage gemeinsam mit Frau von Velten eine geräumige Wohnung inne hatte.

Mit frischer Kraft nahm er die Bearbeitung seiner Akustik auf, vertiefte sich in überaus schwierige optische Probleme, deren Lösung die dritte Lieferung seiner physiologischen Optik bringen sollte, machte sich an den Bau und

die Ausführung seiner Erkenntnistheorie, gestaltete aber auch zu gleicher Zeit die elektrischen Untersuchungen weiter aus, auf die ihn früher die Arbeiten von du Bois und seine eigenen physiologischen Probleme geführt hatten.

In einem Vortrage, gehalten im naturhistorisch-medizinischen Verein in Heidelberg am 8. December 1861 und betitelt „Ueber eine allgemeine Transformationsmethode der Probleme über elektrische Vertheilung“, liefert Helmholtz, ohne die Untersuchungen Anderer über diesen Gegenstand zu kennen, eine Reihe von interessanten und weittragenden Sätzen.

Denkt man sich um den Anfangspunkt der Coordinaten eine Kugel gelegt und zwei Punkte in gerader Linie mit dem Mittelpunkt liegend construirt, für deren Entfernungen vom Mittelpunkt der Kugelradius die mittlere Proportionale ist, so wird von den beiden Punkten der eine das elektrische Abbild des anderen in Bezug auf die Kugelschale genannt. Wenn nämlich in dem einen Punkte die elektrische Masse M sich befindet, und auf der Kugel eine solche Vertheilung der Elektricität eintritt, dass längs der ganzen Oberfläche ihr Potential gleich dem der Masse M wird, so wird die elektrische Vertheilung auf der Kugelschale nach dem inneren und äusseren Raum gerade so wirken, als wäre alle Elektricität einmal in dem einen, das andere Mal in dem anderen Punkte concentrirt. Indem nun Helmholtz eine beliebige Function der Coordinaten des einen Punktes in eine Function der Coordinaten des Bildpunktes transformirt, findet er, dass der Laplace'sche Ausdruck der ersten, von einem von der Entfernung des ersten Punktes abhängigen Factor abgesehen, gleich ist dem Laplace'schen Ausdruck der mit einem von der Entfernung des Bildpunktes abhängigen Factor multiplicirten transformirten Function, und kann daraus schliessen, dass, wenn die eine Function eine Potentialfunction elektrischer Massen ist, welche in begrenzten Räumen, Flächen, Linien, Punkten verbreitet sind, die mit

dem bezeichneten Factor versehene transformirte Function die Potentialfunction von elektrischen Massen darstellt, welche in den Abbildern dieser Räume, Flächen, Linien, Punkte verbreitet sind, und einer im Mittelpunkte der Kugel befindlichen Masse. Ist somit die Vertheilung der Elektrizität im Gleichgewichtszustand auf einer Fläche gefunden unter dem Einfluss gewisser Massen, so liefert die angegebene Transformation die Lösung eines anderen Problems für das elektrische Gleichgewicht auf dem Abbilde jener Fläche. Dem Vertheilungsproblem für Ellipsoide und andere Flächen zweiten Grades entsprechen Vertheilungsprobleme auf Flächen vierten Grades, dem Problem, welches Helmholtz für Kanten, in denen zwei unendliche Ebenen unter beliebigem Winkel zusammenstossen, gelöst hat, entsprechen solche für linsenförmige, von zwei sich schneidenden Kugelflächen begrenzte Körper; ähnliche Resultate ergeben sich für die Abbilder des inneren Raumes rechtwinkliger Parallelepipede und regelmässiger Tetraëder. Wesentlich andere Transformationsmethoden hat er später noch in seinen Vorlesungen gegeben.

Unmittelbar nachdem Helmholtz seine interessante Arbeit veröffentlicht hatte, wurde er darauf aufmerksam gemacht, dass die wesentlichsten Resultate derselben sich bereits in zwei an Liouville gerichteten Briefen W. Thomson's befinden, und er erkannte dies sogleich an in einer Stelle der Heidelberger Verhandlungen vom 30. Mai 1862. Zugleich schrieb er am 27. Mai an W. Thomson:

„....Ich möchte Sie noch um Beantwortung einer wissenschaftlichen Frage bitten. Im vorigen Herbste verfiel ich wieder auf Potentialfunctionen. Die Schwierigkeiten, welche in meiner Arbeit über Schallbewegung in einer cylindrischen offenen Röhre unbesiegt geblieben sind, quälten mich. Die Schwierigkeit der Behandlung jener Aufgabe beruhte wesentlich darauf, dass an der Kante des offenen Endes der Pfeife die Luftbewegung discontinuirlich ist. Dies führte mich zur Untersuchung der Elektrizitätsvertheilung an einer kreis-

förmigen Kante. Ich fand, dass ich diese herleiten könne in gewissen Fällen aus derjenigen an einer geraden Kante zweier sich schneidenden unendlichen Ebenen, und für letzteren Fall habe ich die Sache dann gelöst. Nun bin ich aber später darauf aufmerksam geworden, dass Sie schon früher im Cambridge Math. Journ. erklärten, diese Aufgabe gelöst zu haben, und ich möchte deshalb wissen, ob Sie die Lösung veröffentlicht haben oder noch zu veröffentlichen gedenken, in welchem Falle es für mich nicht lohnt, die Arbeit zum Druck auszuarbeiten. Das Princip der Spiegelung an einer Kugelfläche, durch welches eine gerade Kante in eine kreisförmige verwandelt werden kann, hatte übrigens auch ausser mir ein anderer sehr tüchtiger junger Mathematiker Lipschitz, wie er glaubte, neu gefunden, bis wir es in Ihren früheren Arbeiten noch glücklicherweise zeitig genug entdeckten. Ich habe es leider in einer kurzen Notiz in den Sitzungsberichten unserer hiesigen naturwissenschaftlichen Gesellschaft als neu veröffentlicht, wofür ich um Verzeihung bitte; in der ausführlichen Veröffentlichung derselben durch Lipschitz wird aber Ihr Eigenthumsrecht anerkannt werden.“

Thomson giebt ihm umgehend ausführliche Auskunft über seine mathematischen Fragen.

Inzwischen näherte sich aber auch sein grosses akustisches Werk der Vollendung; er schreibt am 29. April 1862 an Donders, nachdem er ihm mitgetheilt, dass ihm am 3. März ein Sohn geboren worden, der die Namen Robert Julius erhalten hat, und dessen Leben die Mutter fast mit dem eigenen erkaufte hätte:

„Von meiner akustischen Arbeit „Physiologische Grundlagen für die Theorie der Musik“ sind die Holzschnitte jetzt gemacht, der Druck des Textes soll beginnen, zwei Drittel des Manuscriptes sind abgeschickt; an dem letzten Drittel ist noch mancherlei zu flicken und zu ändern, es ist aber der Hauptsache nach auch schon aufgeschrieben. Ich werde

sehr vergnügt sein, wenn ich die letzten Worte dieser sehr langathmigen Arbeit werde niedergeschrieben haben; denn ich arbeite jetzt sieben Jahre daran, was man dem Umfange des Buches nicht ansehen wird. Und dann werden Philosophen und Musiker das Buch vielleicht als einen Einbruch in ihr eigenes Gebiet betrachten, während unter den Physikern und Physiologen wieder nicht viele musikalische Leute sind, wie Sie z. B. Sie werden zunächst mein hochverständigster Kritiker sein, und ich bin deshalb sehr gespannt, ob mein kecker und verwegener Versuch, naturwissenschaftliche Methode in das Gebiet der Aesthetik hineinzutreiben, Ihren Beifall haben wird.“

Thomson meldet er am 27. Mai:

„Der Druck meines Buches über Akustik hat endlich begonnen und wird, wie ich denke, im Anfang August beendet werden. Ich habe noch an den letzten Capiteln einiges zu verbessern, dann ist die Arbeit fertig, an deren ersten Theilen ich noch in Arran gearbeitet habe.“

Mit dem Jahre 1862 begann für Helmholtz in Heidelberg die arbeitsvollste und schaffensreichste Periode seines Lebens; die Lehre von den Tonempfindungen, die physiologische Optik gingen ihrer Vollendung entgegen, seine erkenntnistheoretischen Anschauungen gestalteten sich zu einem consequenten philosophischen Systeme aus, hydrodynamische und elektrodynamische Untersuchungen beschäftigten ihn unausgesetzt, und schon jetzt wandten sich seine Gedanken den Forschungen über die Axiome der Geometrie zu, die aber erst einige Jahre später der naturwissenschaftlichen Welt die Tiefe seiner mathematischen und philosophischen Conceptionen erkennbar machen sollten. Es zeigt sich in Helmholtz während der nächsten zehn Jahre eine Abklärung in der Auffassung naturwissenschaftlicher Probleme, eine Höhe der philosophischen Anschauungen, ein zielbewusstes sich Gegenüberstellen zu den Fragen und Räthseln der Natur, ein Zusammenfassen aller Hülfsmittel, welche

das Denken und Fühlen der Menschen gewährt, um zu erforschen, was der Erkenntniss der Menschen überhaupt sich erschliessen lässt — wie es uns in der Geschichte der Wissenschaften nur selten begegnet, und wie in seiner ganzen Ausdehnung nur derjenige es zu sehen und zu würdigen verstand, welchem das Glück einer persönlichen Berührung mit diesem herrlichen Menschen und grossen Forscher zu Theil wurde.

Hatten früher seine Jugendfreunde du Bois, Brücke, Ludwig den unaufhörlichen grossen Entdeckungen von Helmholtz zugejubelt, so staunten jetzt Bunsen und Kirchhoff seine wissenschaftliche Grösse an, und wie oft konnte man von Kirchhoff noch lange, nachdem er durch seine Spectralanalyse sich unsterblichen Ruhm erworben, die bescheidenen, aber wahren Worte hören: „Ich bin schon zufrieden, wenn ich nur eine Arbeit von Helmholtz verstehen kann, aber ich kann manche Punkte in seiner grossen akustischen Arbeit noch immer nicht enträthseln.“

Von dieser Zeit geistigen Schaffens spricht Helmholtz, wenn er 30 Jahre später in seiner berühmten Tischrede, welche er am 2. November 1891 bei der Feier seines 70. Geburtstages gehalten, sagt:

„Es giebt ja viele Leute von engem Gesichtskreise, die sich selbst höchlichst bewundern, wenn sie einmal einen glücklichen Einfall gehabt haben oder ihn gehabt zu haben glauben. Ein Forscher oder Künstler, der immer wiederholt eine Menge glücklicher Einfälle hat, ist ja unzweifelhaft eine bevorzugte Natur und wird als ein Wohlthäter der Menschheit anerkannt. Wer aber will solche Geistesblitze zählen und wägen, wer den geheimen Wegen der Vorstellungsverknüpfungen nachgehen, dessen

Was vom Menschen nicht gewusst, Oder nicht bedacht,
Durch das Labyrinth der Brust Wandelt in der Nacht.

Ich muss sagen, als Arbeitsfeld sind mir die Gebiete, wo man sich nicht auf günstige Zufälle und Einfälle zu verlassen braucht, immer angenehmer gewesen. Da ich aber

ziemlich oft in die unbehagliche Lage kam, auf günstige Einfälle harren zu müssen, habe ich darüber, wann oder wo sie mir kamen, einige Erfahrungen gewonnen, die vielleicht Anderen noch nützlich werden können. Sie schleichen oft ganz still in den Gedankenkreis ein, ohne dass man gleich von Anfang ihre Bedeutung erkennt; dann hilft später nur zuweilen noch ein zufälliger Umstand zu erkennen, wann und unter welchen Umständen sie gekommen sind; sonst sind sie da, ohne dass man weiss woher. In anderen Fällen aber treten sie plötzlich ein, ohne Anstrengung, wie eine Inspiration. So weit meine Erfahrung geht, kamen sie nie dem ermüdeten Gehirn und nicht am Schreibtisch. Ich musste immer erst mein Problem nach allen Seiten so viel hin und her gewendet haben, dass ich alle seine Wendungen und Verwickelungen im Kopfe überschaute und sie frei, ohne zu schreiben, durchlaufen konnte. Es dahin zu bringen, ist ja ohne längere vorausgehende Arbeit nicht möglich. Dann musste, nachdem die davon herrührende Ermüdung vorübergegangen war, eine Stunde vollkommener körperlicher Frische und ruhigen Wohlgefühls eintreten, ehe die guten Einfälle kamen. Oft waren sie wirklich, den citirten Versen Goethe's entsprechend, des Morgens beim Aufwachen da, wie auch Gauss angemerkt hat (Gauss' Werke, Bd. V, S. 609; das Inductionsgesetz gefunden 1835, Januar 23., Morgens 7^h vor dem Aufstehen). Besonders gern aber kamen sie, wie ich schon in Heidelberg berichtet, bei gemächlichem Steigen über waldige Berge in sonnigem Wetter. Die kleinsten Mengen alkoholischen Getränks aber schienen sie zu verschrecken. Solche Momente fruchtbarer Gedankenfülle waren freilich sehr erfreulich, weniger schön war die Kehrseite, wenn die erlösenden Einfälle nicht kamen. Dann konnte ich mich wochenlang, monatelang in eine solche Frage verbeissen, bis mir zu Muthe war, wie dem Thier auf dürrer Haide: Von einem bösen Geist im Kreis herumgeführt, Und ringsumher ist schöne grüne Weide. Schliesslich war

es oft nur ein grimmer Anfall von Kopfschmerzen, der mich aus meinem Banne erlöste und mich wieder frei für andere Interessen machte.“

Zu all' den grossen wissenschaftlichen Arbeiten und Plänen traten nun auch die nicht geringen amtlichen Verpflichtungen hinzu — aber ihm waren in Heidelberg seine Vorlesungen über Physiologie und die allgemeinen Resultate der Naturwissenschaften sowie die Leitung der Arbeiten im Laboratorium durchaus nicht Pflichtarbeiten, denen er etwa mit Unlust nachging. Die Vorlesungen an der Universität waren ihm nicht nur eine Obliegenheit gegen den Staat, „der ihm Unterhalt, wissenschaftliche Hilfsmittel und ein gut Theil freier Zeit gewährte“, und somit auch ein Recht hatte, zu verlangen, dass er in geeigneter Form Alles, was er mit seiner Unterstützung gefunden, frei und vollständig seinen Studirenden sowie seinen Mitbürgern überhaupt mittheile; er war sich vielmehr dessen stets wohl bewusst, dass die Vorlesungen ihn zwingen, jeden einzelnen Satz scharf zu prüfen, jeden Schluss correct zu formuliren und dadurch, dass er nur ein bestimmtes Maass von Vorkenntnissen bei seinen Zuhörern voraussetzen durfte, ihm den für die Durchleuchtung und Klarstellung wissenschaftlicher Materien fruchtbringenden Zwang auferlegen, die Beweise für die von ihm vertretenen Wahrheiten mit so elementaren Hilfsmitteln als möglich durchzuführen. Die Zuhörer vertraten die Stelle seiner Freunde, welche er sich bei seinen wissenschaftlichen Veröffentlichungen immer gegenwärtig dachte. „Als mein Gewissen gleichsam standen dabei vor meiner Vorstellung die sachverständigsten meiner Freunde; ob sie es billigen würden, fragte ich mich. Sie schwebten vor mir als die Verkörperung des wissenschaftlichen Geistes einer idealen Menschheit und gaben mir den Maassstab.“

„Als Student in Heidelberg“, erzählt Engelmann, „folgte ich seinen Vorlesungen über Physiologie und den Vorträgen über die allgemeinen Resultate der Naturwissen-

schaften, die er damals jeden Winter zu halten pflegte. Es giebt im geistigen und gemüthlichen Leben zweierlei Formen von Energie, deren Summe erst den Werth des Ganzen bestimmt. Bei Helmholtz war nur ein geringer Theil des ungeheueren Energievorraths, den er in Geist und Gemüth barg, im gegebenen Augenblicke in actualer Form vorhanden. Die Umwandlung der potentiellen in lebendige Kraft erfolgte langsam, anders wie bei jenen Naturen, die man sonst mit Vorliebe geniale zu nennen pflegt. Da er die Form des Vortrages nie im Einzelnen ausgearbeitet hatte, sondern immer frei producirt, sprach er langsam, abgemessen, gelegentlich ein wenig stockend. Seine Augen waren dabei über die Zuhörer hinweg gerichtet, wie in unendlicher Ferne die Lösung eines Problems suchend. Er machte in seinem Colleg über Physiologie nie mehr Voraussetzungen in Bezug auf Kenntnisse und Fassungskraft seiner medicinischen Studenten als andere Lehrer desselben Fachs. Forschernamen nannte er selten, am wenigsten den eigenen.“

Im Laboratorium war er ein eifriger Lehrer, und jeder strebsame Schüler war ihm ein wissenschaftlicher Freund; frei von jeder Eifersucht, was er an Magnus stets so rühmend anerkannte, lieferte er oft genug für die ausgezeichneten Arbeiten, welche aus seinem Heidelberger Laboratorium hervorgingen, die Grundgedanken und gab eine Fülle von Vorschlägen für die Ueberwindung neuer experimenteller Schwierigkeiten, bei denen mehr oder weniger Erfindung in Betracht kam.

„Wer das Glück gehabt hat“, sagt Bernstein, sein langjähriger Assistent am physiologischen Institut, „Helmholtz experimentiren zu sehen, wird den Eindruck nicht vergessen, welchen das zielbewusste Handeln eines überlegenen Geistes bei der Ueberwindung mannigfacher Schwierigkeiten hervorruft. Mit den einfachsten Hilfsmitteln, aus Kork, Glasstäben, Holzbrettern, Pappschachteln u. dergl. entstanden Modelle sinnreicher Vorrichtungen, bevor sie den

Händen des Mechanikers anvertraut wurden. Kein Missgeschick war im Stande, die bewundernswerthe Ruhe und Gelassenheit, welche dem Temperament von Helmholtz eigen war, zu erschüttern; auch das Ungeschick eines Andern konnte sie nie aus ihrem Gleichgewicht bringen. Diejenigen, welche Jahre lang unter seiner Leitung thätig waren, haben ihn bei solchen Anlässen niemals in Erregung gesehen.“

Auszeichnungen und wissenschaftliche Ehrungen wurden ihm in dieser Zeit vielfach zu Theil; der Ernennung zum Grossherzoglichen Hofrath im December 1861 folgte die zum Geheimrath III. Klasse am 28. October 1865, die philosophische Facultät der Berliner Universität hatte ihn schon am 16. October 1860 zum Ehrendoctor ernannt, das Ritterkreuz des Grossherzoglich Badischen Ordens vom Zähringer Löwen hatte er 1861, den Orden vom Niederländischen Löwen schon am Ende des Jahres 1858 erhalten, dem im Jahre 1865 der Kaiserlich Russische Stanislaus - Orden II. Klasse folgte.

Von der Regierung, von seinen Collegen, zu denen die bedeutendsten Forscher zählten, von den Studirenden aller Facultäten wurde ihm bewundernde Verehrung entgegengetragen, und es war nur ein kleines Zeichen der Anerkennung, dass ihm schon im Jahre 1862 die Würde des Prorectors der Heidelberger Universität übertragen wurde.

Die am 22. November 1862 von ihm gehaltene Prorectoratsrede „Ueber das Verhältniss der Naturwissenschaften zur Gesammtheit der Wissenschaften“ liefert in stylistisch vollkommener Form eine Fülle von Gedanken und Gesichtspunkten, die er später bei verschiedenen Gelegenheiten noch ergänzt und bereichert hat, und die vielfach von Anderen zur Grundlage organisatorischer Bestrebungen gemacht wurden. Es ist vom höchsten Interesse, dem Gedankengange des grossen Forschers zu folgen und der späteren Entwicklung seiner Ideen nachzugehen.

Fern von der so häufigen Einseitigkeit des Gelehrten

sieht er das Wissen allein nicht als Zweck des Menschen auf der Erde an; wenn die Wissenschaften auch die feinsten Kräfte des Menschen entwickeln und ausbilden, so giebt doch nur das Handeln dem Manne ein würdiges Dasein; entweder die praktische Anwendung des Gewussten oder die Vermehrung der Wissenschaft selbst, welche auch ein Handeln für den Fortschritt der Menschheit ist, muss sein Zweck sein. Um aber an dem Vorwärtsschreiten der Wissenschaft mitzuarbeiten, genügt es nicht, Thatsachen zu kennen; Wissenschaft entsteht erst, wenn sich ihr Gesetz und ihre Ursachen enthüllen. Haben nun die Wissenschaften den Zweck, den Geist herrschend zu machen über die Welt, so ist es auch die Pflicht der Gebildeten, ihre Gleichwerthigkeit anzuerkennen und sie nur ihrem Inhalte nach zu unterscheiden; besitzen die Naturwissenschaften die grössere Vollendung in der wissenschaftlichen Form, so behandeln die Geisteswissenschaften, indem sie den menschlichen Geist selbst in seinen verschiedenen Trieben und Thätigkeiten zergliedern, einen reicheren, dem Interesse des Menschen und seinem Gefühle näher liegenden Stoff. Aber diese Erkenntniss bricht sich leider nur äusserst langsam Bahn; noch kurz vor seinem Tode klagt Helmholtz in der von ihm verfassten Glückwunschadresse der Berliner Akademie zum fünfzigjährigen Doctorjubiläum seines Freundes du Bois darüber, dass leider noch eine grosse Kluft besteht, welche den Gesichtskreis der philosophisch-historisch gebildeten Kreise unserer Nation wie des ganzen civilisirten Europa von dem der naturwissenschaftlich und mathematisch Gebildeten trennt; beide Kreise verstehen sich kaum in Bezug auf die Interessen ihres Denkens und Strebens — ein grosses Hinderniss für ein gedeihliches Zusammenwirken und für eine harmonische Fortentwicklung der Menschheit. Deshalb findet er für den Ausgleich der verschiedenen wissenschaftlichen Anschauungen — wie er in seiner zu der Uebersetzung von Tyndall's „Fragments of Science“ im Jahre 1874 erschienenen Vorrede „Ueber

das Streben nach Popularisirung der Wissenschaft“ hervorhebt — die im besten Sinne populären Darstellungen naturwissenschaftlicher Forschungen so erwünscht, weil nicht sowohl Kenntniss der Ergebnisse dieser Forschungen dasjenige ist, was die verständigsten und gebildetsten unter den Laien suchen, als vielmehr „eine Anschauung von der geistigen Thätigkeit des Naturforschers, von der Eigenthümlichkeit seines wissenschaftlichen Verfahrens, von den Zielen, denen er zustrebt, von den neuen Aussichten, welche seine Arbeit für die grossen Räthselfragen der menschlichen Existenz bietet“.

Nur flüchtig streift Helmholtz in seiner Rede die Fragen des Unterrichts, welche später von so grossem actuellen Interesse geworden sind; er giebt den classischen Sprachen wegen ihrer ausserordentlich feinen künstlerischen und logischen Ausbildung für die Erziehung der Jugend den modernen Sprachen gegenüber den Vorzug, und bei der Erörterung der Frage, ob den mathematischen Studien als „den Repräsentanten der selbstbewussten logischen Geistes-thätigkeit“ ein grösserer Einfluss in der Schulbildung eingeräumt werden müsse, spricht er zu Gunsten dieser die Ueberzeugung aus, dass sich auch mit der Zeit die Individuen genöthigt sehen werden, strengere Schulen des Denkens durchzumachen, als die Grammatik sie zu gewähren im Stande ist.

Eingehender sucht er zunächst den charakteristischen Unterschied zwischen den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften dadurch zu charakterisiren, dass die Naturwissenschaften meist im Stande sind, ihre Inductionen bis zu scharf ausgesprochenen allgemeinen Regeln und Gesetzen durchzuführen, während die Geisteswissenschaften es überwiegend mit Urtheilen nach psychologischem Tactgefühl zu thun haben. In klaren und schönen Worten hebt er in der oben bezeichneten Vorrede zu dem Tyndall'schen Werke die Wichtigkeit hervor, welche der Inhalt der classischen Schriften für die Ausbildung des sittlichen und ästhetischen

Gefühls, für die Entwicklung einer anschaulichen Kenntniss menschlicher Empfindungen, Vorstellungskreise und Culturzustände hat; aber er spricht dem ausschliesslich literarisch-logischen Bildungswege das wichtigste Moment der methodischen Schulung derjenigen Thätigkeit ab, „durch welche wir das ungeordnete, vom wilden Zufall scheinbar mehr als von Vernunft beherrschte Material, das in der wirklichen Welt uns entgegentritt, dem ordnenden Begriffe unterwerfen und dadurch auch zum sprachlichen Ausdruck fähig machen“. Er findet in den einfacheren Verhältnissen der unorganischen Natur ein Mittel zur systematischen Entfaltung von Begriffsbildungen, mit der „kein anderes menschliches Gedankengebäude in Bezug auf Folgerichtigkeit, Sicherheit, Genauigkeit und Fruchtbarkeit zugleich“ verglichen werden kann.

So kommt er in seiner akademischen Rede zur Anerkennung der nicht fortzuleugnenden Thatsache, dass, wenn auch durch Hegel und Schelling der Gegensatz zwischen Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften in übertriebener Schärfe zum Ausdruck gekommen war, ein solcher doch in der Natur der Dinge begründet sei und sich geltend mache. Bei der Vergleichung der verschiedenen Naturwissenschaften unter einander hebt er den grossen Vortheil hervor, den die experimentirenden Wissenschaften bei der Aufsuchung der allgemeinen Naturgesetze vor den beobachtenden dadurch voraus haben, dass sie willkürlich die Bedingungen verändern können, unter denen der Erfolg eintritt, und sich deshalb auf eine nur kleine Zahl charakteristischer Fälle der Beobachtung beschränken dürfen, um die Gültigkeit des Gesetzes festzustellen; er verlangt von der experimentellen und mathematischen Naturwissenschaft, fortzuarbeiten bis zur Ermittlung ausnahmsloser Gesetze: „erst in dieser Form erhalten unsere Kenntnisse die siegende Kraft über Raum und Zeit und Naturgewalt“. So sieht er in dem Gravitationsgesetz die gewaltigste Leistung, deren die logische Kraft des menschlichen Geistes jemals fähig gewesen ist, aber nur

in der Mathematik sieht er absolute Sicherheit des Schliessens; dort herrscht keine Autorität als die des eigenen Verstandes, und nur aus wenigen Axiomen baut sich die ganze Wissenschaft auf.

„Hier sehen wir die bewusste logische Thätigkeit unseres Geistes in ihrer reinsten und vollendetsten Form; wir können hier die ganze Mühe derselben kennen lernen, die grosse Vorsicht, mit der sie vorschreiten muss, die Genauigkeit, welche nöthig ist, um den Umfang der gewonnenen allgemeinen Sätze genau zu bestimmen, die Schwierigkeit, abstracte Begriffe zu bilden und zu verstehen, aber ebenso auch Vertrauen fassen lernen in die Sicherheit, Tragweite und Fruchtbarkeit solcher Gedankenarbeit.“

Seine wissenschaftlichen Arbeiten hatten jetzt, während die „Lehre von den Tonempfindungen“ im Drucke war, fast ausschliesslich äusserst schwierige physiologisch-optische Fragen zum Gegenstande, und noch wenige Tage vor seiner akademischen Festrede hielt er am 24. October 1862 in dem naturhistorisch-medicinischen Verein zu Heidelberg einen Vortrag „Ueber die Form des Horopters, mathematisch bestimmt“, der im Wesentlichen die Resultate seiner tiefgehenden Untersuchungen brachte, welche im Jahre 1864 unter dem Titel „Ueber den Horopter“ in Graefe's Archiv für Ophthalmologie erschienen; nur insofern enthielt die letztere Arbeit eine Erweiterung jener in dem Vortrage niedergelegten Theoreme, als er die Veränderungen berücksichtigte, welche die inzwischen von Recklinghausen nachgewiesene Asymmetrie in der Vertheilung der identischen Netzhautstellen in beiden Augen bedingte, während er der ersten Bearbeitung die damals noch allgemeine Annahme zu Grunde legte, dass identische Netzhautstellen in der Primärstellung beider Augen solche sind, auf denen das Bild desselben unendlich weit entfernten Punktes entworfen würde, Veränderungen, die er schon im December 1862 dem genannten Verein in Heidelberg mittheilte.

Nachdem er mit Berücksichtigung der Asymmetrie eine präcise Definition des Gesichtsfeldes, des Sehfeldes, des geometrischen und scheinbaren Ortes gegeben, hebt er vor allem die wichtige Unterscheidung des wirklich und scheinbar verticalen Meridians hervor, nach welcher der wirklich verticale Meridian des Sehfeldes uns nicht vertical erscheint, sondern vielmehr ein Meridian, der in Wirklichkeit mit seiner oberen Hälfte nach aussen geneigt ist. Als correspondirende oder identische Punkte beider Sehfelder bezeichnet er solche, welche scheinbar gleiche Lage oder gleiche Höhen- und gleiche Breitenwinkel haben, und definirt als Horopter den Inbegriff aller derjenigen Punkte des Raumes, welche in correspondirenden Stellen beider Sehfelder projicirt werden und somit in beiden Augen unter gleichem Höhen- und gleichem Breitenwinkel erscheinen. Er nennt den geometrischen Ort der Punkte, welche in beiden Augen unter gleichem Höhenwinkel erscheinen, Horizontalhoropter, entsprechend für gleiche Breitenwinkel Verticalhoropter, indem sich in jenem gerade Linien ziehen lassen, welche als correspondirende horizontale Linien in beiden Sehfeldern projicirt werden, also als Linien einfach erscheinen, während ihre einzelnen Punkte nicht in correspondirenden Orten abgebildet werden und daher in Doppelbildern sich darstellen; das Analoge gilt für verticale Linien bei der zweiten Art des Horopters. Der Horopter im engeren Sinne oder Punkthoropter für gleichen Höhen- und Breitenwinkel ist somit die Schnittlinie des Horizontal- und Verticalhoropters.

Im Allgemeinen ergibt sich durch sehr einfache mathematische Betrachtungen für die Form der beiden Horopter ein Hyperboloid mit einer Mantelfläche, die jedoch für gewisse Lagen des Fixationspunktes in einen Kegel oder in zwei sich schneidende Ebenen übergehen kann; der Punkthoropter wird im Allgemeinen die Curve doppelter Krümmung sein, in welcher sich die beiden Hyperboloide schneiden, kann sich jedoch in Ausnahmefällen auf gerade Linien oder Kegel-

schnitte reduciren. Für den Fall, dass der Fixationspunkt in endlicher Entfernung in der Mittelebene der Symmetrie- oder der Medianebene des Kopfes liegt, besteht der Punkthoropter aus einer geraden Linie und einem Kegelschnitt, der in den Müller'schen Horopterkreis übergeht, wenn die Visirebene, welche gleichzeitig Meridianebene beider Augen ist, sich in ihrer Primärlage befindet, in der die Augen ihre Primärstellung einnehmen. Liegt aber der Fixationspunkt in der Medianebene unendlich entfernt, so gehört der ganze unendliche Raum dem Horizontalhoropter an, und es erscheint also jeder Punkt des Raumes beiden Augen unter gleichen Höhenwinkeln, während der Kegel des Verticalhoropters, da Müller's Horopterkreis unendlich gross wird, sich auf zwei Ebenen reducirt. Es ist somit die horizontale Bodenfläche, auf der der Beobachter steht, Horopterfläche, wenn dieser in horizontaler Richtung und parallel mit der Medianebene seines Kopfes in unendliche Ferne hinausschaut, und die Bodenfläche ist dann offenbar auch Punkthoropter. Befindet sich endlich der Fixationspunkt in der Primärlage der Visirebene, aber ausserhalb der Medianebene, so besteht der Horizontalhoropter aus zwei sich schneidenden Ebenen, der Verticalhoropter ist ein Hyperboloid, und den Punkthoropter bildet der Müller'sche Horopterkreis und eine gerade Linie.

Für die Feststellung der Bedeutung des Horopters beim Sehen ist die Bemerkung von Helmholtz sehr interessant, dass er lange Zeit die Aufsuchung der Form des Horopters mehr für eine theoretische Spielerei gehalten habe, da alle Aufmerksamkeit der Beobachtung nicht ausreicht, um die kleinen Differenzen zweier zu einer stereoskopischen Raumanschauung verschmolzener Gesichtsbilder zu erkennen und Objecte doppelt zu sehen, die ziemlich merklich von dem mathematischen Horopter entfernt sind. Aber er gewann doch durch weitere Beobachtungen die Ueberzeugung, dass die Gesichtswahrnehmung derjenigen Objectpunkte, die im Horopter liegen, gewisse Vorthelle habe, die der Lage des

Horopters eine praktische Bedeutung geben, indem die Raumanschauung durch das binoculare Sehen ihre grösste Genauigkeit erreicht für diejenigen Objecte, die im Horopter liegen, und desto ungenauer wird, je weiter sich die Objecte vom Horopter entfernen. Indem er diese Ansicht durch scharfsinnig erdachte Experimente als richtig zu erweisen sucht, gelangt er zu sehr interessanten Resultaten für die grosse Bedeutung des Gebrauchs beider Augen beim Gehen. Wenn wir uns im Freien bewegen, blicken wir meist nach etwas entfernteren Gegenständen in horizontaler Richtung, und da dann der Fussboden unsere Horopterfläche ist, so erkennen wir seine Gestalt verhältnissmässig genau auch im indirecten Sehen und können dadurch beim Gehen unsere Augen frei gebrauchen. Die binoculare Raumprojection rückt dabei sehr weit in die Ferne hinaus, indem man bei richtiger Lage der Fussbodenebene im Horopter noch die räumliche Trennung von sehr weit entfernten Baumgruppen vom Horizonte dadurch bemerkt, dass ein hinter ihnen sich ausbreitendes Feld noch eben hingestreckt erscheint; bei veränderter Richtung der Visirebene können auch Flächen von nicht horizontaler Richtung in den Horopter kommen und so deutlich modellirt erscheinen, wie es im Horopter geschieht.

Die im Jahre 1864 in Poggendorff's Annalen veröffentlichten „Bemerkungen über die Form des Horopters“ wenden sich gegen einige von Hering gegen seine Theorie erhobenen Einwände, welche die Frage erörtern, ob die ganze Ausdehnung der mathematisch gefundenen Curve auch wirklich dem Horopter angehört; indem er diese Einwände zu widerlegen sucht, hebt er hier, wie überall später in seiner physiologischen Optik die grossen Verdienste Hering's um die Physiologie der Sinne hervor, dessen ausgezeichnete Arbeiten über Farbentheorie er stets rühmend anerkennt.

Inzwischen war am Ende des Jahres 1862 der Druck der „Lehre von den Tonempfindungen“ beendet, und Helmholtz schrieb am 14. December an Thomson:

„Ihre beiden angekündigten Arbeiten über die Abkühlung der Erde und die Formveränderungen elastischer Kugelschalen, welche sich auch wohl auf die Erde beziehen wird, interessiren mich sehr, weil ich jetzt angefangen habe, eine Vorlesung vor Studirenden aller Facultäten zu halten über die allgemeinen Resultate der Naturforschung, worin ich namentlich das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und seine Consequenzen in populärer Weise zu erklären suche und es als Leitfaden benutze, um die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften mit einander zu verbinden. Da habe ich nun bisher die Geschichte des Planetensystems der Sonne und der Erde besprochen und mich überzeugt, dass dabei noch manche Probleme von den Astronomen und Geologen liegen gelassen sind, die bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft wohl behandelt werden könnten, freilich nur von Jemand, der ein ganz gründlicher Physiker und Mathematiker ist. Auch Ihr Unternehmen, ein Lehrbuch über Natural Philosophy zu schreiben, ist sehr dankenswerth, freilich aber auch sehr mühsam. Doch hoffe ich wird es Ihnen auch eine Menge Stoff zu wichtigen Arbeiten zuführen. Wenn man ein solches Buch zu schreiben sucht, bemerkt man am besten die Lücken, welche sich in der Wissenschaft noch finden.

Mein Buch über Akustik ist eben erschienen unter dem Titel „Die Lehre von den Tonempfindungen, als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik“. Der Buchhändler hat mir schon gemeldet, dass eines der Exemplare, welches ich für Sie bestimmt hatte, an Ihre Adresse nach Glasgow abgegangen ist. Der Druck des Buches und die Geschäfte des Prorektorats, welche mir in diesem Jahre oblagen, haben meine Zeit sehr in Anspruch genommen, so dass ich noch nichts anderes daneben habe arbeiten können. Jetzt habe ich mich wieder an die Vollendung meiner physiologischen Optik gemacht, von welcher noch eine Abtheilung fehlt.“

In der nur aus wenigen Zeilen bestehenden Vorrede zu

jenem grossen von Physikern, Physiologen, Musikern und Aesthetikern sehnlichst erwarteten akustischen Werke bezeichnet Helmholtz dasselbe als die Frucht achtjähriger Arbeit und spricht seinen Dank aus dem König Maximilian von Bayern, „welchem die deutsche Wissenschaft schon in so vielen ihrer Felder die bereitwilligste Theilnahme und Förderung verdankt“, und der ihm die Mittel bewilligt hat für die Construction des Apparates zur künstlichen Zusammensetzung der Vocalklänge.

Helmholtz stellt sich in diesem Werke die Aufgabe, die Grenzgebiete der physikalischen und physiologischen Akustik mit denen der Musikwissenschaft und Aesthetik zu verbinden, und sieht daher zunächst von der rein physikalischen Akustik ab, welche ihrem Wesen nach nichts anderes ist als ein Theil der Lehre der elastischen Körper. Dem von ihm auch für die Optik aufgestellten Eintheilungsprincipe gemäss theilt er die physiologische Akustik in drei Theile, deren erster sich mit der Untersuchung zu beschäftigen hat, auf welche Weise der Schall im Ohre bis zu den empfindenden Nerven hingeleitet wird, und welcher den physikalischen Theil der entsprechenden physiologischen Untersuchung der Empfindungen liefert; deren zweiter vorzugsweise physiologischer Theil die Erregungen der Nerven selbst behandelt, welche verschiedenen Empfindungen entsprechen; und deren dritter wesentlich psychologischer Theil die Gesetze festzustellen sucht, nach welchen aus solchen Empfindungen Vorstellungen bestimmter äusserer Objecte, also Wahrnehmungen zu Stande kommen. Die physikalische und mathematische Grundlage der Gehörsempfindungen bildet den Gegenstand erst später von ihm veröffentlichter höchst interessanter, aber nur dem Mathematiker völlig verständlicher Arbeiten, während die physiologischen Theile der Gehörsempfindungen nebst den psychologisch-ästhetischen Untersuchungen in dem Werke selbst einer staunenswerthen und zum grossen Theile leicht verständlichen Analyse unterzogen werden.