

Die erste Abtheilung, welche die Zusammensetzung der Schwingungen, die Theorie der Obertöne und der Klangfarbe behandelt, sowie die zweite, welche sich mit den Störungen des Zusammenklanges, den Combinationstönen und Schwebungen, der Consonanz und Dissonanz beschäftigt, liefern eine ausführliche, im besten Sinne und in mustergültiger Weise populäre Darstellung, eine eingehendere Analyse und durch eine Fülle neuer Versuche erweiterte Darlegung all' der oben besprochenen, von Helmholtz in seinen Einzelarbeiten veröffentlichten Resultate, geben eine genaue Darstellung des Baues und der Theorie seines Harmoniums in natürlicher reiner Stimmung und zeigen, wie sich die schon von Dove vervollkommnete Sirene Cagniard-Latour's zu seiner mehrstimmigen Sirene entwickelt hat — die beiden ersten Theile dieses in seiner Art einzig dastehenden Werkes unterwerfen also solche Naturerscheinungen der Untersuchung, bei denen der Construction des Ohres gemäss mechanische Nothwendigkeit herrscht, also jede Willkür ausgeschlossen ist, und deshalb auch feste Gesetze für die Erscheinungen ermittelt werden können. Wesentlich neu, grossartig in ihrer Anlage, bewundernswerth in der Durchführung behandelt die dritte Abtheilung die Verwandtschaft der Klänge, die Tonleitern und Tonalität, und betritt zur Begründung der elementaren Regeln der musikalischen Composition das Gebiet der Aesthetik.

„Die Beziehungen zwischen der Physiologie des Gehörsinns und der Theorie der Musik“, sagt Helmholtz später bei anderer Gelegenheit, „sind besonders auffällig und deutlich, weil die elementaren Formen der musikalischen Gestaltung viel reiner von dem Wesen und den Eigenthümlichkeiten unserer Empfindungen abhängen, als dies bei den übrigen Künsten der Fall ist, bei denen die Art des zu verwendenden Materials und der darzustellenden Gegenstände sich viel einflussreicher geltend macht.“

Von der durch seine historischen Untersuchungen über

die Entwicklung der Musik gewonnenen Ueberzeugung ausgehend, dass das System der Tonleitern, der Tonarten und deren Harmoniegewebe nicht bloss auf unveränderlichen Naturgesetzen beruht, sondern dass es zum Theil auch die Consequenz ästhetischer Principien ist, die mit fortschreitender Entwicklung der Menschheit einem Wechsel unterworfen sind, zeigt er, wie die Musik, analog der Baukunst, auch wesentlich von einander verschiedene Richtungen eingeschlagen hat. Er unterscheidet drei Hauptperioden der musikalischen Kunst, die homophone (einstimmige) Musik des Alterthums, an welche sich auch die jetzt bestehende Musik der orientalischen und asiatischen Völker anschliesst, die polyphone Musik des Mittelalters, vielstimmig, aber noch ohne Rücksicht auf die selbständige musikalische Bedeutung der Zusammenklänge, vom 10. bis in das 17. Jahrhundert reichend, und endlich die harmonische oder moderne Musik, charakterisirt durch die selbständige Bedeutung, welche die Harmonie als solche gewinnt, und deren Ursprünge in das 16. Jahrhundert fallen. Die Begründung und Durchführung dieser Eintheilung durch die Geschichte der Musik aller Völker hin wird nicht nur stets einen der grössten Ruhmes-titel Helmholtz'scher Production, sondern für alle Zeiten ein bewundernswerthes Beispiel für die Verknüpfung historischer und naturwissenschaftlicher Forschung bilden.

Schon in seinen früheren Arbeiten hatte er nachgewiesen, dass die Obertöne in den musikalischen Bildungen eine wesentliche Rolle für die Harmonie spielen, dass aber das Gesetz, welches den Wohlklang der harmonischen Tonverbindungen bedingt, ein unbewusstes ist, indem die Obertöne zwar von den Nerven empfunden werden, jedoch nicht in das Gebiet des bewussten Vorstellens eintreten, deren Verträglichkeit oder Unverträglichkeit aber trotzdem gefühlt wird. Für die höhere geistige Schönheit der Musik sind Harmonie und Disharmonie nur Mittel, während die Melodie eine Bewegung ausdrückt, deren Charakter sich der unmittel-

baren Wahrnehmung des Hörers leicht, deutlich und sicher zu erkennen giebt. Da die Schritte der Bewegung ihrer Schnelligkeit und Grösse nach für die unmittelbar sinnliche Wahrnehmung genau abmessbar sein müssen, so ist für Helmholtz die melodische Bewegung nichts anderes als Veränderung der Tonhöhe in der Zeit, und da zwar das Auge eine continuirliche Bewegung zu verfolgen vermag, aber nicht das Ohr, welchem die Fähigkeit abgeht, den zurückgelegten Weg nochmals rück- und vorwärts zu verfolgen und sich ganz einzuprägen, so muss die melodische Bewegung in festen Stufen geschehen, deren Auffassung leicht ist. In der Musik aller Völker erfolgt die Veränderung der Tonhöhe in den Melodien stufenweise, nicht in continuirlichem Uebergange; sowohl bei melodischer als bei harmonischer Musik werden Klänge mit harmonischen Obertönen bevorzugt, und für eine gute musikalische Wirkung eine gewisse mässige Stärke der fünf bis sechs untersten Partialtöne, sowie eine geringe Stärke der höheren Partialtöne verlangt, was die Bedeutung der Obertöne auch für die Melodie feststellt. Er fasst seine Resultate dahin zusammen, dass in der Musik die mehr oder weniger harmonische Wirkung der Intervalle in Melodie und Harmonie mit besonderen sinnlich wahrnehmbaren Phänomenen, den Obertönen, zusammenhängt, welche die harmonischen Intervalle um so deutlicher und genauer abgrenzen, je einfacher und reiner diese sind.

Zur Behandlung der schwierigen Frage von den Tonleitern, für die er die wesentlichen Principien schon früher veröffentlicht hatte, erläutert er das Princip der Klangverwandtschaft. Indem er Klänge im ersten Grade verwandt nennt, welche zwei gleiche Partialtöne haben, und im zweiten Grade verwandt, wenn sie mit demselben dritten Klange im ersten Grade verwandt sind, wobei die Stärke der Verwandtschaft von der Stärke der gleichen Obertöne abhängt, entwickelt er auf Grund der natürlichen Verwandtschaft der Klänge zu einander die Tonleiter, betrachtet jedoch, da das

Princip der Klangverwandtschaft nicht zu allen Zeiten die Bildung der Tonleiter ausschliesslich bestimmt hat, dasselbe als ein bis zu einem gewissen Grade frei gewähltes Stilprincip. Durch seine Theorie der Tonleiter, der Harmonie und Melodie erläutert Helmholtz einige der dunkelsten und schwierigsten Punkte der allgemeinen Aesthetik und zeigt, dass diese Betrachtungen mit der Lehre von den Sinneswahrnehmungen, also mit der Physiologie in engem Zusammenhange stehen, während die ästhetische Zergliederung vollendeter musikalischer Kunstwerke und das Verständniss der Gründe ihrer Schönheit ihm noch auf scheinbar unüberwindliche Hindernisse zu stossen scheint. Wiederholt hebt er später bei verschiedenen Gelegenheiten, so auch in seiner Goethe-Rede in Weimar hervor, dass es ein Missverständniss sei, durch irgend welche ästhetische Untersuchungen Vorschriften geben zu wollen, nach denen die Künstler handeln sollen.

„Die eigentliche Schwierigkeit wird in der Verwicklung der psychischen Motive liegen, die sich hier geltend machen. Freilich beginnt auch hier erst der interessantere Theil der musikalischen Aesthetik — handelt es sich doch darum, schliesslich die Wunder der grossen Kunstwerke zu erklären, die Aeusserungen und Bewegungen der verschiedenen Seelenstimmungen kennen zu lernen. So lockend aber auch das Ziel sein möge, ziehe ich es doch vor, diese Untersuchungen, in denen ich mich zu sehr als Dilettant fühlen würde, Anderen zu überlassen und selbst auf dem Boden der Naturforschung, an den ich gewöhnt bin, stehen zu bleiben.“

Das in Inhalt und Form herrliche Werk, welches für die Belehrung grosser Kreise der gebildeten Welt bestimmt war, wurde viel gelesen, aber nur von Auserwählten ganz verstanden, da zur wirklichen Würdigung desselben nicht geringe physikalische und selbst mathematische Kenntnisse nothwendig waren. Noch am 27. Februar 1864 schrieb

Helmholtz an Ludwig, welcher diesem seine unbegrenzte Bewunderung der grossartigen Schöpfung ausspricht:

„Dass Du mit meinen Tonempfindungen zufrieden bist, ist mir sehr lieb, da Du einer der wenigen musikalischen Naturforscher bist, von denen ich hoffen durfte, dass sie sich vollständig in das Verständniss des Ganzen hinein-arbeiten werden. Bisher hat das Buch, wie mir scheint, im Ganzen mehr succès d'estime gehabt, als es die Menschen überzeugt hat. Ich habe mir übrigens darüber, dass es so sein würde, niemals Illusionen gemacht. Wenigstens sehe ich, dass es Eindruck gemacht hat, und darf hoffen, dass es sich allmählich freie Bahn brechen wird.“

Am meisten geschätzt und bewundert, weil am leichtesten in diesen schwierigen akustischen Untersuchungen der gebildeten Welt zugänglich und verständlich, wurde aber seine Fähigkeit, sich in die historische Entwicklung grosser und umfassender naturwissenschaftlicher Disciplinen zu vertiefen, wie er sie in seiner physiologischen Optik, sowie später in seinen Untersuchungen über Elektrodynamik und in der berühmten Akademierede über die Geschichte des Principis der kleinsten Wirkung bekundet. Dem grossen Naturforscher war die Geschichte der Wissenschaft ein Leit-faden für den continuirlichen Fortschritt der Forschung; er kennzeichnet seine Auffassung von der Bedeutung historischer Untersuchungen, selbst in den abstractesten naturwissenschaftlichen Disciplinen, in einer interessanten Aufzeichnung, von der mir Eduard Zeller nach Kenntnissnahme derselben in einer gütigen Mittheilung vom 26. April 1902 schreibt, sie zeige dieselbe Beherrschung des Stoffes und klare Hervorhebung des Wesentlichen, welche alle geschichtlichen Darstellungen ihres Verfassers auszeichnet. Sie lautet:

„Es ist sehr lehrreich, sich in den Gedankenkreis und die Sinnesweise alter Zeiten zurückzusetzen; aber man stösst dabei auf unerwartete Schwierigkeiten. Vieles, was wir von unserer ersten Kindheit an gewusst und gekonnt

haben, ohne dass unserer Erinnerung nach es uns jemand gelehrt hätte, was uns daher als ganz einfach und selbstverständlich erscheint: das haben, wie wir staunend entdecken, in alten Zeiten auch die leitenden Männer der intelligentesten Nationen nicht gekonnt und nicht gewusst. Gerade bei solcher Gelegenheit tritt am entschiedensten hervor, dass wir der Arbeit der vorausgegangenen Generationen noch viel mehr verdanken, als wir uns gewöhnlich klar machen.

Solche Gedanken drängen sich uns auf, wenn wir auf die Geschichte der Naturwissenschaften zurückblicken. Nichts ist einfacher, als die Methode der Forschung dieser Wissenschaften, wie sich dieselbe schliesslich, nachdem viele Irrwege vergebens betreten waren, festgestellt hat. Diese Methode, die unter dem Namen der inductiven beschrieben zu werden pflegt, ist in der That nichts anderes, als das Verfahren, welches der sogenannte gesunde Menschenverstand für die praktischen Zwecke des täglichen Lebens ohne alle wissenschaftliche Schulung von selbst einzuschlagen pflegt, und von dessen Anwendung wir selbst bei den intelligenteren Thieren unverkennbare Spuren finden. Durch Erfahrung suchen wir kennen zu lernen, wie sich die uns umgebenden Dinge unter diesen oder jenen Umständen, namentlich auch bei den Eingriffen, die wir durch unsere Handlungen machen, zu verhalten pflegen. Wir setzen dann voraus, dass in jedem neu eintretenden Falle der Verlauf der Dinge der gleiche sein werde, wie in allen früheren Fällen von hinlänglich ähnlicher Art. Der Unterschied zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der alltäglichen Erfahrung liegt nur darin, dass wir in letzterer die Fälle so hinnehmen, wie sie der Zufall uns vorführt, dass wir uns mit den allmählich sich verdunkelnden Erinnerungen des Gesehenen begnügen, wie sie in unserem Gedächtnisse haften bleiben, dass das einzige Maass, nach welchem wir quantitative und qualitative Unterschiede beurtheilen, meist

nur durch die Intensität und Art der sinnlichen Empfindung gegeben ist. Bei wissenschaftlicher Forschung dagegen suchen wir möglichst grosse Vollständigkeit in der Beobachtung der einzelnen Fälle und ihrer Abänderungen zu erreichen, indem wir sie entweder aufsuchen, wo sie sich von selbst darbieten, oder sie absichtlich durch den Versuch herbeiführen. Wir suchen dabei scharf und bestimmt die Bedingungen abzugrenzen, von denen es abhängt, ob ein gewisser Erfolg eintritt oder ausbleibt, beziehlich in welcher Grösse er eintritt, und ruhen nicht eher, als bis wir in jedem einzelnen neu eintretenden Falle ähnlicher Art vorauszusagen wissen, was geschehen wird. Indem wir das Gefundene in genau definirte Begriffe fassen, in Wort und Schrift fixiren, erweitern wir die Erfahrung jedes Einzelnen durch die Erfahrung aller Mitlebenden und Vorausgegangenen. Wir sind dabei sicher, dass jede Abweichung von einem für wahr gehaltenen Gesetz die allgemeine Aufmerksamkeit um so stärker erregen wird, je fester der Glaube an seine Richtigkeit war. So bleiben die schon gewonnenen Ergebnisse der Wissenschaft einer dauernden Controle ihrer Richtigkeit oder eventueller Verbesserung unterworfen. Aber alles dies ist im Grunde nichts als eine möglichst sorgfältige und consequente Ausführung dessen, was ein verständiger Mann für die nächstliegenden praktischen Zwecke auch ohne alle wissenschaftliche Schulung zu thun pflegt.

Natürlich dürfen wir uns nicht darüber wundern, wenn dem Jünger der Wissenschaft eine um so schwerere Arbeit des Denkens zugemuthet wird, je umfassender und je schärfer bestimmt die Gesetze werden, welche er verstehen und anwenden soll. Die allgemeinsten Principien der Mechanik in ihrer abstract mathematischen Fassung scheinen freilich von der Anschaulichkeit eines populären Erfahrungssatzes weit entfernt zu sein. Sie sind die Zauberformeln geworden, mit deren Hülfe die moderne Menschheit die widerstrebenden Gewalten der Natur in ihren Dienst gebannt hat, und doch

sind sie auf demselben Wege gewonnen, der mit kleinen Fertigkeiten und Kunstgriffen des häuslichen Lebens und des Handwerks begonnen hat.

Dass die Nationen des classischen Alterthums weniger naturwissenschaftliche Kenntnisse gehabt haben als wir, die wir auf ihren Schultern stehen, wird uns nicht in Erstaunen setzen dürfen. Wir wundern uns vielleicht öfter darüber, dass sie dieses und jenes gewusst haben, als über das Gegentheil. Was uns aber immer wieder in Verwunderung setzt, ist, dass diese Völker, die in der Ausbildung der Sprache, des Rechtes, der staatlichen Ordnung, in der Geschichtsschreibung und philosophischen Abstraction uns in keiner Weise nachstanden, in vielen Richtungen künstlerischer Thätigkeit uns sogar entschieden überlegen waren, eine auffallende Unfähigkeit zeigen, die richtigen Wege für die Lösung naturwissenschaftlicher Probleme zu finden, ja auch nur die richtigen Fragen zu stellen. Es macht den Eindruck, als sei ihnen die Methode, welche schliesslich die reichen Früchte gezeitigt hat, zu einfach und zu einfältig erschienen, um Grosses von ihr zu hoffen, und dass sie geglaubt haben, erheblichere Resultate nur durch stärkere Anspannung des Denkens erreichen zu können.

Dass ihnen die Fähigkeit, die ich vorher als gesunden Menschenverstand ohne wissenschaftliche Schulung bezeichnete, auch in der Beobachtung der Aussenwelt nicht gefehlt habe, brauche ich nicht hervorzuheben. Sie ist ausserdem dem künstlerischen Talent und der Fähigkeit, charakteristische Typen künstlerisch darzustellen, nahe verwandt. Denn ein solcher Typus ist auch die Erscheinungsweise eines gesetzlichen Verhaltens. Wir finden geradezu ein hervorragendes Beispiel einer solchen mehr künstlerischen als wissenschaftlichen Begabung in Hippokrates. Er hat die Regelmässigkeiten im Ablauf und in der Verbreitung der Krankheiten aufzufinden und zu beschreiben gewusst und so die erste Ordnung in diesem Gebiete geschaffen, in

welchem unverkennbar die Sonderung der verschiedenen zusammenwirkenden Ursachen am allerschwierigsten ist. Wissenschaftliche Schulung fehlt ihm nicht ganz. Eine ziemliche Anzahl guter medicinischer Kenntnisse scheint in der Schule des Asklepiaden, aus der er hervorging, überliefert worden zu sein, und er kannte, was seine Zeit an wissenschaftlichen Theorien hervorgebracht hatte. Diese waren aber freilich der Art, dass man urtheilen muss, Hippokrates sei trotz seiner theoretischen Bildung nicht durch dieselbe ein grosser Arzt geworden. Er bezieht sich auf seine Theorien übrigens immer nur da, wo sich ihre Folgerungen den Thatsachen gutwillig anpassen; wo nicht, übergeht er sie mit Stillschweigen. Seine Schüler und Nachfolger aber, denen die Hauptsache, nämlich sein ausgezeichnetes Beobachtungstalent fehlte, suchten seine Grösse gerade in dem, wo er schwach war, nämlich in den Theorien, und zogen aus diesen deductiv Schlüsse, die sie nicht etwa an den Thatsachen prüfen zu müssen meinten, sondern die sie statt der Thatsachen festhielten. Dasselbe Verhältniss wiederholte sich immer wieder, so oft ein grosser Meister der Beobachtung aufgetreten war, und kann als das charakteristische Zeichen einer Entwicklungsstufe der Wissenschaft angesehen werden, wo diese noch nicht zum Bewusstsein der richtigen Principien ihrer Methode gekommen ist.

Allerdings haben die Griechen auch zur Auffindung dieser Principien die ersten Schritte gethan. Dass es darauf ankomme, in den Beobachtungswissenschaften zunächst einen möglichst vollständigen Ueberblick der Thatsachen zu gewinnen und die Erfahrungen der Generationen zu sammeln, hat Aristoteles richtig erkannt und sich selbst an das Werk gemacht, um dies für die naturhistorischen, zum Theil auch für die physikalischen Wissenschaften zu leisten, Galenus später für die medicinischen, beide mit grosser Einsicht und richtigem Urtheil. Daneben haben Sokrates und Aristoteles auch richtige Anfänge der Erkenntniss-

theorie entwickelt, ersterer, indem er die wissenschaftliche Wichtigkeit der Bildung von scharf definirten Begriffen an Beispielen erläuterte, letzterer, indem er die logischen Principien der deductiven Methode, die Darstellung der Folgerungen aus gegebenen Vordersätzen entwickelte. Was beide in dieser Beziehung geleistet haben, machte grossen Eindruck auf ihre Zeitgenossen und erregte überschwengliche Hoffnungen. Für uns ist es kaum noch möglich, uns in einen Zustand der geistigen Bildung zurückzudenken, wo die Sätze der gewöhnlichen Logik als neue und überraschende Einsichten erscheinen, und doch mag keine geringe Kraft der Abstraction dazu gehört haben, sie das erste Mal klar in Worte zu fassen. Die deductive Methode findet ihre berechnete Anwendung aber erst dann, wenn richtige und hinreichend allgemeine Vordersätze gewonnen worden sind, aus denen Folgerungen für besondere Fälle hergeleitet werden können. Dies war dem Alterthum nur in einem Gebiete, dem der Geometrie, gelungen, welche, wie es scheint, zuerst von den Aegyptern für praktische Zwecke ausgearbeitet, von Pythagoras den Griechen überliefert und von Euklides in eine schon sehr vollendete wissenschaftliche Form gebracht wurde. Dass auch die Axiome der Geometrie, diese allgemeinen Vordersätze, aus denen alle anderen abgeleitet werden können, aus der Erfahrung und nicht aus der Natur des reinen Denkens abgeleitet sind, habe ich an anderem Orte zu beweisen gesucht.

Uebrigens waren auch einige physikalische Gesetze im engeren Sinne schon dem Alterthum bekannt. Pythagoras kannte die einfachen Verhältnisse der Länge von Saiten, welche den consonanten musikalischen Intervallen entsprechen. Archimedes kannte die Gesetze der Zurückwerfung des Lichtes und viele Gesetze der Statik, z. B. die für das Gleichgewicht des Hebels und für das der in Flüssigkeiten eingetauchten schweren Körper. Er begründete darauf die noch jetzt gebrauchten Methoden, das specifische

Gewicht der Körper zu finden. Hero kannte die Wirkungen des Luftdruckes, Claudius Ptolemaeus die Gesetze der Strahlenbrechung in der Atmosphäre.

Namentlich aber in der Astronomie hatte man schon früh eine ziemlich genaue Kenntniss von der Weise, wie Sonne, Mond, Planeten und Fixsterne sich am Himmel scheinbar bewegen. Auch hier waren Aegypter und Babylonier den Griechen vorangegangen. Der Kalender für die bürgerliche Zeitrechnung wurde allmählich immer mehr verbessert und genauer mit den Bewegungen von Sonne und Mond in Einklang gesetzt. Die astronomischen Forschungen waren sehr geeignet, durch die Anschauung der genauen und unabänderlichen Gesetzmässigkeit in so grossen Verhältnissen den menschlichen Geist zum Aufsuchen einer ewigen Ordnung hinzuleiten, aber die Gesetze, die man zu formulieren wusste, bezogen sich zunächst nur auf die äussere Erscheinungsweise der himmlischen Bewegungen. Wenn auch Vorstellungen von der wahren Art der Bewegung der Erde um die Sonne gelegentlich aufgetaucht sind, so war weder in der Astronomie der Alten, noch in den musikalischen Beobachtungen des Pythagoras, noch in den medicinischen des Hippokrates die geringste Spur von einem Verständniss der Mechanik dieser Erscheinungen. Es folgt während des Mittelalters eine lange Zeit geistiger Unselbständigkeit, Ueberschätzung der deductiven Methode und der Autorität der alten Meister, namentlich des Aristoteles und des Hippokrates. Das erste neue Erwachen selbständiger Forschung musste ein harter Kampf gegen diese Autoritäten sein, wie ihn Copernicus in der Astronomie, Vesalius in der Anatomie, Harvey in der Physiologie zu führen hatten.

Der Fortschritt wurde zunächst hauptsächlich durch die Astronomie herbeigeführt. Die Gesetzmässigkeit der Planetenbewegungen erschien als eine ausserordentlich viel einfachere und verständlichere, seitdem Copernicus die Sonne als den feststehenden Mittelpunkt des Systems zu betrachten

gelehrt, und Kepler die regelmässig elliptische Form der Bahn, sowie die einfachen Gesetze, welche die Geschwindigkeit der Fortbewegung jedes Planeten in seiner Bahn bestimmen, aufgefunden hatte. Der entscheidende Schritt aber wurde durch Galilei und J. Newton gethan, indem sie den Begriff der bewegenden Kraft nach seiner wahren Bedeutung entwickelten. Ersterer that es zunächst an dem Beispiel der irdischen Schwere. Seine Darstellung ist noch eine bildliche, indem er die Wirkung einer continuirlich wirkenden Bewegungskraft mit der einer Reihe kleiner in kurzen Zwischenräumen auf einander folgender Anstösse vergleicht. Newton war im Stande, mit Hülfe der schärfer definirten neuen Begriffe der Differentialrechnung die Kraft in rein begrifflicher und ganz scharf bestimmter Form nach Grösse und Richtung durch das Product aus der Masse des von ihr angegriffenen Körpers und seiner Beschleunigung zu definiren. Diese Definition, angewendet auf die Planetenbewegungen, führte die verwickelte Reihe von Erscheinungen auf das höchst einfache Gesetz der allgemeinen Anziehung aller schweren Körper gegen einander zurück und stellte damit das glänzendste und imponirendste Beispiel für die einfache und strenge Gesetzmässigkeit der Natur und das Vorbild für die Ziele hin, denen die Wissenschaft nachzustreben habe. Durch das Gravitationsgesetz war der Ort und die Geschwindigkeit jedes Planeten nicht bloss in grober Annäherung, sondern mit den feinsten Messungen übereinstimmend und für unabsehbare Zeiten genau quantitativ bestimmt. Was noch fehlte, war nur die vollständige Berechnung der sogenannten Störungen, welche die Planeten durch ihre wechselseitige Anziehung auf einander hervorbrachten. Diese Aufgabe wurde hauptsächlich durch Laplace gelöst. Was die Theorie anzeigte, fand sich in der Beobachtung nachträglich bestätigt.

Möglich wurde die vollständige Anwendung der genannten mechanischen Principien durch die gleichzeitige

Entwicklung der Mathematik, nämlich durch Descartes' analytische Geometrie, in der alle geometrischen Probleme zu Aufgaben der Rechnung gemacht werden, und durch die von Leibniz und Newton entwickelte Analysis, das heisst die Rechnung mit continuirlich veränderlichen Grössen.

Man hatte längst die letzten verborgenen Ursachen der Naturerscheinungen als Kräfte bezeichnet, diese als inhärent den Stoffen, als dauernd bestehend und dauernd wirksam betrachtet. In der schon vor Galilei und von ihm entwickelten Lehre von der Zusammensetzung verschiedener Kräfte, die auf denselben Punkt wirken, war die Selbständigkeit jeder einzelnen und ihre Unabhängigkeit von den gleichzeitig vorhandenen anderen Kräften anerkannt. Aber bis dahin war die Kraft immer noch ein hypothetisches Abstractum gewesen. Der grosse Fortschritt, der in Galilei's und Newton's Auffassung lag, war, dass sie nun die Bedeutung einer beobachtbaren Thatsache bekam, der Beschleunigung, d. h. der für die Secunde berechneten Aenderung der Geschwindigkeit, multiplicirt mit der Masse des bewegten Körpers. Wenn Newton die Kraft von der Entfernung der Körper abhängig machte, so war darin ein unveränderliches Verhältniss beobachtbarer Thatsachen ausgesprochen; die Beschleunigungen beider Körper werden von ihrer Lage abhängig gemacht. Es zeigte sich bald, dass die ganze Mechanik, die Lehre vom Gleichgewicht, wie die von der Bewegung aller Arten von Körpern aus diesen Principien entwickelt werden konnte, und Newton's Gravitationsgesetz wurde das Vorbild, nach dem die Erklärungen auch in allen anderen Zweigen der Physik durchgeführt wurden. Erst die Elektrodynamik hat Probleme gestellt, die sich nicht mehr auf dieses Schema zurückführen lassen.

Wenn es die Aufgabe der Naturwissenschaften ist, zu suchen, was unabänderlich bleibt in dem Wechsel der Erscheinungen, so hatte die Entwicklung des Begriffes der Kraft und des durch sie als zwingende Macht anerkannten

Gesetzes der Erscheinungen dieser Forderung nur nach einer Richtung hin Genüge gethan. Es lag auch noch die Aufgabe vor, die unzerstörbaren, mit unveränderlichen Kräften begabten Stoffe zu suchen, die wir jetzt „chemische Elemente“ nennen. Dass diese Aufgabe vorliege, haben auch die Alten richtig gesehen, aber ihre Versuche, sie zu lösen, zeigen nur, wie weit sie von der Einsicht in die richtige Methode entfernt waren. Ihre vier Elemente sind Producte einer Hypothese, die nur die auffallendsten Unterschiede des Aggregatzustandes berücksichtigte, und bei der an eine thatsächliche Prüfung nie gedacht wurde. Eine solche begann, wenn auch nicht zu wissenschaftlichen Zwecken, bei den Alchemisten des Mittelalters. Die Frage, ob Gold aus anderen Stoffen zu machen sei, fiel zusammen mit der Frage, ob es Elementarstoffe gebe, die nicht in einander verwandelt werden können. Dass die Elemente nur auf dem Wege des Versuchs zu finden seien, dass ihr Gewicht unveränderlich sein müsse, hat R. Boyle (1627 bis 1691) zuerst deutlich ausgesprochen, aber die Unbekanntschaft mit der Natur der Gase und die damit zusammenhängenden Schwierigkeiten der Verbrennungstheorie verzögerten noch ein Jahrhundert lang die richtige Durchführung dieser Principien, bis Lavoisier, gestützt auf Priestley's Entdeckung des Sauerstoffs und auf H. Cavendish's Nachweis, dass Wasserstoff verbrannt Wasser erzeuge, die Rolle des Sauerstoffs bei der Verbrennung richtig erkannte und sein neues System durch den Nachweis bekräftigte, dass in der That das Gewicht keiner der von ihm als Elemente hingestellten Substanzen durch Schliessung oder Lösung einer chemischen Verbindung jemals geändert werde.

Damit waren die principiellen Fragen im Wesentlichen entschieden. Die Wissenschaften, welche die lebenden Organismen erforschen, haben sich in den bisher besprochenen Perioden der jedesmaligen Entwicklung der physikalischen und chemischen Theorien angeschlossen. Ihre Aufgabe er-

schien zunächst zu verwickelt und zu schwierig, als dass von ihnen aus principielle Fragen zu entscheiden waren. Erst in der neuesten Zeit ist dies anders geworden. Diese Entwicklung ist aber so neu, dass darüber kaum Geschichte zu schreiben ist.“

Während des Druckes seiner Lehre von den Tonempfindungen hatte sich Helmholtz fast ausschliesslich mit physiologisch-optischen Problemen beschäftigt, und er bearbeitete zunächst in Verbindung mit seinen Horopteruntersuchungen durch Ausführung geistvoller Versuche und eine tief eindringende mathematische Analyse das überaus schwierige Gebiet der Augenbewegungen und ihrer Beziehungen zum binocularen Sehen, worin er all die früher von Anderen und ihm selbst entwickelten Gesetze auf ein einziges Princip, das der leichtesten Orientirung im Raume, zurückführte. Jetzt tritt er aber ganz rückhaltlos auf die Seite des Empirismus und sucht den Gebrauch der Sinnesorgane und alle Feinheiten desselben als anerzogen und durch Züchtung vervollkommenet nachzuweisen. Auch die Augenbewegung ist dem Willen unterworfen, sobald sie nöthig ist, „um der einzig möglichen Willenintention zu dienen, welche für die Augenbewegung gebildet werden muss, nämlich die, einfach und deutlich zu sehen“.

Helmholtz legte einen kurzen Abriss seiner Untersuchungen über die Augenbewegungen am 8. Mai 1863 dem naturwissenschaftlich-medicinischen Verein zu Heidelberg unter dem Titel „Ueber die Bewegungen des menschlichen Auges“ vor und gab eine ausführliche Darlegung derselben noch in demselben Jahre unter dem Titel: „Ueber die normalen Bewegungen des menschlichen Auges“ in Gräfe's Archiv für Ophthalmologie. Graefe schreibt ihm am 4. Juli 1863:

„Ausserordentlich haben Sie mich durch die Zusendung Ihres gewichtigen Manuscriptes erfreut. Dass unser Archiv auf die Mitarbeitung desjenigen stolz ist, welcher es dem Geiste nach ohne Zweifel begründet hat, das bedarf keiner Versicherung.“

Um verschiedene Punkte unseres Gesichtsfeldes zu fixiren, also das optische Bild derselben mit dem Centrum der Netzhautgrube, als der Stelle des deutlichsten Sehens, zusammenfallen zu lassen, genügt es, die Gesichtslinie um bestimmte Winkel zu wenden, wobei sich aber der Augapfel um die Gesichtslinie als Axe noch beliebig drehen kann. Das Problem der Augenbewegung besteht nun darin, den Grad dieser Raddrehung der Augapfel zu bestimmen, wenn der Gesichtslinie eine bestimmte Stellung im Gesichtsfelde gegeben wird, da durch Versuche festgestellt ist, dass zu jeder Stellung der Gesichtslinie ein bestimmter Grad der Raddrehung gehört, dieser also nur abhängt von der Richtung dieser Linie, relativ zur Lage des Kopfes genommen, und nicht von dem Wege, auf welchem die Gesichtslinie in die betreffende Lage gebracht ist. Bei gegebener und constant bleibender Haltung des Kopfes werden also die vertical über oder unter dem fixirten Punkte liegenden anderen Punkte des Gesichtsfeldes stets auf demselben Netzhautmeridiane abgebildet, wie auch das Auge in die betreffende Stellung gekommen sein mag; im entgegengesetzten Falle jedoch müsste, um die Richtung der Verticallinien zu bestimmen, die Empfindung des Grades der Raddrehung gegeben sein, und es würde somit die Aufgabe der Orientirung im Gesichtsfelde weit complicirter sein als beim Bestehen jenes Gesetzes. Helmholtz hat daher dieses Gesetz das Princip der leichtesten Orientirung für die Ruhestellungen des Auges genannt.

Nachdem nun schon durch Versuche von Donders nachgewiesen war, dass die Interessen des binocularen Einfachsehens bei den Augenbewegungen gar nicht berücksichtigt sind, suchte Helmholtz nach einem optischen Princip für die Augenbewegung, von der Ueberzeugung ausgehend, dass bei dem seinem Gebrauch so zweckmässig angepassten Organe, wie es das Auge ist, ein optischer Zweck durch die vorhandene Einrichtung erfüllt sein müsse. Dieses optische Princip fand er in einer weiteren Entwicklung des Princip

der leichtesten Orientirung. An den Satz, dass jede bestimmte Stellung der Gesichtslinie mit einem bestimmten Grade der Raddrehung des Auges verbunden ist, knüpfte er die Frage an, wie sich dasselbe während der Bewegung verhalten wird, oder wie es möglich gemacht ist, dass das Auge in seiner Orientirung möglichst sicher bleibe, wenn der Fixationspunkt im Gesichtsfelde sich verschiebt. Um hierauf eine bestimmte Antwort ertheilen zu können, musste zunächst die in optischer und erkenntnisstheoretischer Beziehung interessante Frage erörtert werden, wie während der Bewegung des Auges, welche in jedem Punkte der Netzhaut die Lichteindrücke fortdauernd wechseln lässt, die Anerkennung erhalten bleiben kann, dass trotz dieses Wechsels aller Lichteindrücke nicht eine Verschiebung und Veränderung der Objecte, sondern nur eine Bewegung des Auges stattgefunden habe; offenbar genügte es, diese Anerkennung für unendlich kleine Verschiebungen des Auges zu gewinnen. Um aber die Ueberzeugung zu erhalten, dass alle Veränderungen des Bildes auf sämtlichen Theilen der Netzhaut nur von der geänderten Stellung des Auges und nicht von einer Veränderung der Objecte im Gesichtsfelde herrühren, ist die Bedingung zu erfüllen, dass der Uebergang eines Punktes des Bildes von der Netzhautgrube nach einem bestimmten, unendlich wenig entfernten Netzhautpunkte stets nur durch Drehung um eine bestimmte, relativ zum Auge unveränderlich gelegene Axe erfolgt.

Aus dem Princip der leichtesten Orientirung und aus dem bekannten Satze der Mechanik, dass man die Axenrichtungen unendlich kleiner Drehungen nach der Regel des Parallelogramms der Kräfte zusammensetzt, folgt nun, dass die Bewegung des Fixationspunktes nach irgend einem zweiten unendlich wenig entfernten Punkte des Gesichtsfeldes geschehen muss durch Drehung um eine Axe, welche in einer bestimmten, zum Auge unveränderlich gelegenen Ebene befindlich ist. Weil nun die Drehaxen für alle vorkommenden

Bewegungen in einer Ebene liegen sollen, so wird bei keiner unendlich kleinen Drehung des Auges eine Drehung desselben um die auf jener Ebene der Axen senkrecht stehende Linie, welche Helmholtz die atrope Linie des Auges nennt, vorkommen. Da sich aber Drehungen von endlicher Grösse bekanntlich nicht mehr nach jenem mechanischen Princip zusammensetzen lassen, so wird man bei den Bewegungen des Auges die für die Bewahrung der Orientirung im Gesichtsfelde aufgestellte Forderung nicht vollständig erfüllen können. Man wird somit nur ein Gesetz der Augenbewegungen suchen dürfen, bei welchem die Summe aller Abweichungen von diesem Princip ein Minimum ist, oder wird fordern müssen, dass, wenn man jede Drehung um die atrope Linie als Fehler bezeichnet, mit Rücksicht auf die bekannten Grundsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Summe der Fehlerquadrate für die sämtlich möglichen unendlich kleinen Bewegungen des Auges zusammengenommen ein Minimum werde.

Helmholtz entwickelt nun in geistvoller Weise nach den Principien der Variationsrechnung die Bedingungen für die Existenz des Minimums eines bestimmten Integrales, dessen Elemente aus dem Producte der Fehlerquadrate und dem Incremente des Winkels bestehen, welchen die durch das Bogenelement und die Gesichtslinie gelegte Ebene mit einer festen Ebene bildet. In völlig unerwarteter Weise gelangt er zu dem schon von Listing ohne jede Angabe von Gründen ausgesprochenen Gesetze. Nennt man die Stellung des Auges, von welcher aus alle unendlich kleinen Bewegungen desselben ohne Drehung um die Gesichtslinie geschehen, die Primärstellung, alle anderen die Secundärstellungen, so wird die Stellung des Auges in einer bestimmten Secundärstellung gefunden, wenn dasselbe aus der Primärstellung in die Secundärstellung übergeführt wird durch Drehung um eine Axe, welche auf der primären und secundären Richtung der Gesichtslinie senkrecht steht. Erst

durch die von Helmholtz gegebene Deutung des Listing'schen Gesetzes als der Lösung einer Minimumsaufgabe der angegebenen Form ist die grosse Wichtigkeit dieser Untersuchungen klar gestellt worden. Die von ihm durchgeführte experimentelle Prüfung dieses theoretisch gefundenen Gesetzes ergab die vollständige Bewahrheitung desselben, wobei die zur Bestimmung der Augenstellungen angewandten Methoden durch Benutzung der Nachbilder oder mittelst binocularer Doppelbilder die allerdifficilsten Versuche verlangten. Endlich stellte sich noch Helmholtz, um den Kreis der darauf bezüglichen Untersuchungen ganz zu schliessen, die Aufgabe, durch Versuche nachzuweisen, dass die Orientirung im Gesichtsfelde wirklich mangelhaft wird, wenn das Auge nicht solche Bewegungen ausführt, deren Drehungsaxe immer in ein und derselben, im Auge festen Ebene liegt. Es ergab sich aus der Minimumsuntersuchung, dass diese Bedingung erfüllt ist für alle Bewegungen des Auges, welche von der Mitte des Gesichtsfeldes fort nach seiner Peripherie zu gerichtet sind, aber nicht für solche Bewegungen, welche durch eine Reihe von peripherischen Stellungen des Auges hindurchgehen; diese müssen in diesem Falle dann auch falsche Raumprojectionen im Gesichtsfelde nachweisen, wofür auch in der That überzeugende Versuche angestellt wurden.

„So glaube ich auch“, schliesst er diese fundamentale Arbeit, „dass das in der vorliegenden Untersuchung gefundene Gesetz der Augenbewegung erworben ist durch den Gebrauch des Auges, bei dem sich fortdauernd das Bedürfniss möglichst sicherer Orientirung geltend machte, und dass deshalb die von mir gegebene Ableitung aus diesem Bedürfniss wirklich den letzten Grund des Gesetzes darlegt. Wir dürfen aber wohl erwarten, dass schliesslich das Wachstum der Muskel bewirken wird, dass die durch das Bedürfniss der Orientirung verlangten Augenstellungen auch mit der geringsten Anstrengung hergestellt werden. Eine

Art zwingender Gewohnheit, hergeleitet aus dem Bedürfniss der Orientirung, beherrscht die Augenbewegungen, und ich halte es deshalb nicht für nöthig, nach anatomischen Einrichtungen zu suchen, die das Gesetz dieser Bewegungen bestimmen.“

Gegen das Princip der leichtesten Orientirung hat Hering Einwände erhoben auf Grund sehr schöner und sinnreicher Versuche, die er aus dem von ihm aufgestellten Gesetze der identischen Sehrichtungen erklären wollte, und Helmholtz selbst hat später in seiner physiologischen Optik in diese äusserst schwierige Materie Ordnung und Klarheit zu bringen sich bemüht.

Wissenschaftliche Ehren wurden ihm auch in diesem Jahre reichlich zu Theil; er wurde unter anderem mit Beginn desselben membre honoraire de l'Académie Royale de Médecine de Belgique, und erhielt von allen Seiten verehrungsvolle und bewundernde Anerkennung der naturwissenschaftlichen Welt. Du Bois schreibt ihm am 9. December 1863: „Soeben habe ich Deine Abhandlung über die Augenbewegungen erhalten. Während Du von Eroberungen zu Eroberungen fliegst, komme ich aus der thierischen Elektrizität nicht heraus.“ Aber die Mühen seines Amtsjahres, die Vorlesungen, das Laboratorium und vor allem die ununterbrochene wissenschaftliche Arbeit hatten ihn so angegriffen, dass sein Arzt Friedreich ihn mit Beginn der Sommerferien zu bewegen suchte, möglichst bald eine Erholungsreise zu unternehmen.

„Friedreich hat mir in diesem Jahre“, schreibt Helmholtz am 29. August 1863 aus Heiden (Appenzell) an Donders, „(die vorjährige Kur in Kissingen hat mir nicht viel Erleichterung gebracht) empfohlen, Molken zu trinken, was ich bisher hier in Heiden gethan habe, und nun will ich noch eine Wanderung durch die Berge machen, zusammen mit meinem Collegen Bunsen. Ich will mit ihm am 3. September in Amsteg zusammentreffen, und wir wollen dann

um den Gotthard herum nach Disentis, Airolo, den Tosa-fällen und dem Aeggischhorn gehen . . . Es ist ein trauriges Ding, wenn der Mensch erst gezwungen ist, hypochondrisch zu werden und so viel Aufmerksamkeit auf seine Gesundheit zu verwenden.“

Die wissenschaftlichen Arbeiten des folgenden Winters wendeten sich wieder ganz seiner physiologischen Optik zu, deren dritte Abtheilung noch eine grosse Zahl ausserordentlich schwieriger Probleme behandeln sollte; zugleich nahmen zahlreiche öffentliche Vorlesungen seine Zeit sehr in Anspruch.

„Ich habe in diesem Winter“, schreibt er am 27. Februar 1864 an Ludwig, „dem Publicum und dem Mammon dienen müssen und die Erhaltung der Kraft als nährenden Milchkuh behandelt. Ich habe in Karlsruhe acht Vorlesungen darüber gehalten und mich fertig gemacht, während der Osterferien in London das Gleiche englisch zu thun. Eine Reise nach England betrachte ich immer als eine Art geistiger Badekur, durch welche man aus der trägen Bequemlichkeit des lieben Deutschland einmal wieder zu etwas activerem Verhalten aufgerüttelt wird, und solche Vorlesungen, wie ich sie schon einmal gehalten habe, geben ein gutes Verbindungsmittel ab zu einer engeren thätigen Berührung mit den englischen Naturforschern.“

Im Jahre 1863 erfolgte der Umzug der Familien Helmholtz und Kirchhoff in den mittlerweile vollendeten „Friedrichsbau“, einen für jene Zeit schönen und geräumigen Gebäudecomplex, welcher die Laboratorien, Lehrsäle und die Wohnungen für die Vorstände umfasste. Schon damals bildete das Helmholtz'sche Haus den Mittelpunkt schönster Geselligkeit, welche von geistiger Vornehmheit und harmonischer Einfachheit getragen wurde; innige Freundschaft verband ihm die Collegen Kirchhoff, Bunsen, Zeller, die engsten socialen Beziehungen verknüpften sein Haus mit dem von Vangerow, Haeusser, Gervinus, Friedreich, Kopp,

Wattenbach u. A. In den bequemerem Wohnungsverhältnissen vermochte er sich nun auch seinen Kindern mehr zu widmen und unternahm nach vielen Richtungen hin zum grossen Theil selbst die Unterweisung seines Sohnes Richard, welcher im Jahre 1862 das Heidelberger Gymnasium bezogen.

„Was den Verkehr zwischen dem Vater und uns Kindern anbelangt“, schreibt mir sein Sohn Richard, „so fand derselbe abgesehen von den Mahlzeiten hauptsächlich auf Spaziergängen statt, wo er uns sehr häufig mitnahm. Bei schlechtem Wetter Rohrbacher Landstrasse, sonst meist Wolfshöhle, Gaisberg, Sprung, Philosophenweg etc. Besondere Freude machte es ihm, wenn er uns irgend ein Naturphänomen vorführen konnte; einen dick-nebeligen Herbstmorgen, wo er erkannte, dass oben Sonnenschein war und uns auf den Sprungweg führte, das wolkenartig zusammengeballte, vollständig scharf abgegrenzte Nebelmeer, aus dem nur einige Thurmspitzen hervorschauten, werde ich nie vergessen . . . In seinem ersten Heidelberger Laboratorium, im „Riesen“, waren wir einmal mit, zum Zwecke der Auffüllung unserer schlaff gewordenen Kinderluftballons mit Wasserstoff. Im Winter 1862 brachte mir der Vater das Zeichnen mit dem Reisszeug bei, und 1863 suchte uns der Vater die Grundbegriffe des Generalbasses klar zu machen, was wenigstens bei meiner Schwester gut gelang; ja sogar das Schwimmen lehrte mich der Vater ohne Stange, Leine und Schwimmgürtel, bloss indem er mich mit einem Arme an der Brust unterstützte . . . In den Ferien 1863 waren wir wieder in dem uns sehr lieb gewordenen Dahlem, und nach unserer Rückkehr war der Umzug in den Friedrichsbau bereits vollzogen; Käthe wohnte von nun ab eine Treppe hoch bei den Eltern, die Grossmama Velten mit mir in drei Zimmern des Entresols, nach hinten gegen die Anatomie . . . Mit dem folgenden Jahre begannen für mich häufige Besuche bei den Grosseltern Mohl in Frankfurt a. M., wo ich stets

auf das freundlichste aufgenommen wurde, meist in den Ferien oder auf der Reise nach und von Berlin.“

In den Osterferien führte nun Helmholtz in der That die geplante, mehrwöchentliche Reise nach England aus und besuchte auf dem Wege nach London in Utrecht seinen Freund Donders, den er „blühend, liebenswürdig und poetisch wie immer“ fand, und in dessen Hause er sich einige Tage sehr wohl fühlte.

„... Dann gingen wir“, schreibt er am 14. März 1864 seiner Frau, „in ein Herrenconcert, d. h. in die Probe zu den grösseren Orchesterconcerten, wozu noch einzelne Soli kommen, die in den grossen Concerten wegbleiben, und welche von den Utrechter Herren bei Wein und Cigarren angehört werden ... Ich hörte symphonische Präludien von Liszt, die merkwürdig und effectreich genug, aber kaum schön waren, die Oberon-Ouverture sehr gut, und dazwischen als Solo für Clavier die variations sérieuses von Mendelssohn im Kirchenstyl, die sehr schön waren, und die ich Dir zum Studium vorschlagen möchte... Donders hat hier Vorlesungen vor gemischtem Publikum über Akustik gehalten, und deshalb ist mein Buch über Tonempfindungen hier Jedem bekannt, auch den Musikern. O. Jahn hatte es nicht verstehen können, hoffte es aber mit G. zusammen studiren zu können und erzählte mir, dass er einen enthusiastischen Brief darüber von Claus Groth bekommen habe ...“

Ueber Brüssel reiste er nun nach London, wo er sich sogleich der liebenswürdigsten Aufnahme seines Freundes Bence Jones erfreute; von dort aus sandte er seiner Frau ausführliche Berichte, aus denen einiges von dem, was von allgemeinerem Interesse ist, hier eine Stelle finden mag:

„... Ich habe mich in den Strudel des grossen Babel gestürzt und schwimme vorläufig rüstig darin herum. Nachdem ich neulich Deinen Brief in der Royal Institution

geschrieben und vergebens auf Tyndall gewartet hatte, besuchte ich Faraday, der ebenda wohnt; er war wie in alter Zeit äusserst liebenswürdig, hat aber seine Vorlesungen aufgegeben, weil er über sein Gedächtniss klagt; er machte in der That einen etwas stumpferen Eindruck als sonst . . . Dann ging es zur Versammlung der Royal Society, wo Tyndall einen Vortrag hielt über einige neue sinnreiche Versuche, die er gemacht hat, deren Deutung aber Anlass zu einer längeren Debatte gab. Nachdem ich mit Professor Stokes am Freitag nach Ostern in Cambridge zu sein verabredet hatte, ging ich noch um 11 Uhr mit B. Jones auf einen Rout zum Minister Gladstone . . .

Gestern habe ich mehr gearbeitet; am Vormittag an meiner Croonian Lecture geschrieben; um 12 Uhr hatte ich Professor Tyndall in der Royal Institution zu treffen, um die Vorbereitungen zu meinen ersten beiden Vorlesungen zu besprechen; zur zweiten habe ich selbst ein Gemälde in Wasserfarben angefertigt, darstellend einen Sonnenfleck von der Seite gesehen, wobei ich in kühnen Farben und Wolken mit Turner zu wetteifern strebte . . . Am Mittwoch habe ich Vormittags gearbeitet, dann ging ich in das College of Surgeons, um Mr. Huxley zu sehen, Professor der Zoologie, der jetzt hier der Hauptkämpfer für die Aufklärung und gegen die biblische Naturgeschichte ist, ein junger, sehr intelligenter Mann, den ich von früher schon kannte . . .

Gestern bin ich früh nach Oxford gefahren und wohne bei Max Müller. Er ist ein junger, eleganter und gewandter Mann, wie ich noch keinen Professor der Philologie gesehen habe, und fasst alles, auch die ihm fremderen naturwissenschaftlichen Verhältnisse, ausserordentlich schnell auf. Seine Frau ist eine Engländerin, auch sehr liebenswürdig, unterrichtet und hübsch, so dass ich zwei sehr angenehme Tage dort zugebracht habe. Dazu kommt, dass

Oxford vielleicht einzig in der Welt ist in seiner Art; alle die vielen alten, charakteristisch schönen und wohl gepflegten Gebäude zusammen mit sauberen Grasplätzen und schönen Bäumen; alles höchst stattlich und von ausserordentlichem Reichthum zeugend. Man kann sich bei uns freilich keine Idee davon machen, ehe man es gesehen hat, und ich begreife nun auch die Liebe der Engländer zu der Universität, auf der sie gewesen sind. Um Gentlemen gut auszubilden, ist es offenbar vortrefflich geeignet, für die Wissenschaft aber kann nicht viel herauskommen, und es gehört offenbar ein ungewöhnlich starkes Interesse für die Wissenschaft dazu, um als Fellow nicht in Trägheit zu versinken . . .

Meine Fahrt nach Glasgow ging ganz angenehm von Statten . . . Thomson's haben seit kurzer Zeit ihre Dienstwohnung hier im Universitätsgebäude eingerichtet und bezogen, während sie bisher mehr auf dem Lande zu leben pflegten. Er selbst hat gar keine Ferien zu Ostern, dagegen ist sein Bruder James, Professor of Engineering in Belfast, und ein Neffe, Student ebenda, eingetroffen. Ersterer ist ein sehr gescheidter Kopf mit sehr guten Einfällen, aber hört und weiss nichts als engineering und spricht fortdauernd davon zu allen Zeiten des Tages und der Nacht, so dass kaum ein anderes Gespräch in seinem Beisein aufkommen kann. Es ist übrigens komisch, wie jeder der Brüder fortdauernd dem anderen etwas auseinandersetzt, und keiner auf den anderen hört, und von ganz verschiedenen Gegenständen redet. Aber der engineer ist von beiden der hartnäckigste und setzt sein Stück gewöhnlich durch. Inzwischen habe ich eine Menge neuer und sehr sinnreicher Apparate und Versuche von W. Thomson gesehen, die mir die beiden Tage sehr interessant gemacht haben. Er ist aber so schnell in seinen Gedanken, dass man ihm erst durch eine lange Reihe von Fragen, zu deren Beantwortung er schwer zu bringen ist, die nöthigen Angaben über die Einrichtung der Instrumente u. s. w.

herauswinden muss. Wie seine Studenten ihn verstehen, die ihn nicht so festhalten können bei der Sache, wie ich es mir erlauben durfte, begreife ich nicht; übrigens war aber eine ganze Anzahl Studenten in dem Laboratorium beschäftigt, welche sehr eifrig waren und im Ganzen auch begriffen zu haben schienen, um was es sich handelte . . . Bei Thomson's Experimenten ist übrigens mein neuer Hut ums Leben gekommen. Er hatte eine schwere Metallscheibe in sehr schnelle Rotation versetzt, die auf einer Spitze sich drehte; um mir zu zeigen, wie unbeweglich sie durch die Rotation werde, schlug er mit einem Hammer dagegen, was die Scheibe aber doch übelnahm, indem sie in einer Richtung davonflog, und der eiserne Fuss, auf dem sie sich drehte, in einer anderen. Letzterer nahm meinen Hut mit fort und schlitzte ihn auf. Die Scheibe selbst zertrümmerte glücklicher Weise nur einige Gläser . . .

Ich kam am 4. April in Manchester an; Roscoe's wohnen weit draussen in einer reizenden Cottage am Rande eines grossen Parkes . . . Zum Diner hatte Roscoe zwei Freunde, Mr. Joule, Brauer und Hauptfinder der Erhaltung der Kraft, und seinen Kollegen Clifton, Physiker, eingeladen, beides sehr angenehme und lebhafte Leute, so dass unser Abend sehr interessant war . . . Am Sonntag Vormittag waren wir beide nach dem Frühstück allein und haben Pläne für kühne neue physikalisch-chemische Untersuchungen gemacht und die englischen Universitäten besprochen, wobei wir ganz zusammenstimmten . . .

Gestern war ich in London bei Mr. Graham, Master of the Mint, einem der ersten Chemiker Englands, der mich zuerst selbst herumführte und mir alles erklärte. Am interessantesten war mir Graham's eigenes Laboratorium, wo er mir eine Menge der merkwürdigsten neuen Versuche zeigte und mich mit Münzen, Instrumenten und Chemikalien reich beschenkte . . . Mit einem alten Berliner Freunde

fuhr ich zu Professor Maxwell nach Kensington, dem Physiker von Kings College, einem sehr scharf mathematischen Kopfe, der mir sehr schöne Apparate zur Farbenlehre zeigte, in welchem Zweige ich früher selbst gearbeitet hatte; er hatte einen farbenblinden Kollegen eingeladen, an dem wir Experimente machten . . .“

Mitten in die Anregungen, welche Helmholtz's Interesse nach allen Seiten wachriefen, sowie in die intensive Arbeit, welche die Vorbereitung zur Croonian lecture und zu anderen in Aussicht genommenen Vorträgen erforderte, fielen die ersten Schatten der verhängnissvollen Erkrankung seines Sohnes Robert. „Die ergreifende Kindergeschichte dieses an Prüfungen so reichen und dennoch an Geisteserfolgen und Herzensbesitz so gesegneten Lebens setzt hier ein mit dem von Anbeginn muthig und hochsinnig getragenen Erkennen der Muttersorge.“ Trotzdem waren aber die Berichte seiner Frau in schonendster Weise abgefasst, um Helmholtz von einer sofortigen Rückkehr nach Heidelberg abzuhalten, und dieser durfte die Hoffnung hegen, dass durch die Rathschläge, welche er selbst gab, und durch die von den befreundeten Aerzten angewandten Mittel sehr bald eine Besserung in dem Leiden eintreten würde.

Am 14. April 1864 hielt Helmholtz seine Croonian lecture in der Royal Society „On the Normal Motions of the Human Eye in relation to Binocular Vision“ und gab einen Abriss der über den Horopter und die Augenbewegungen von ihm gewonnenen Resultate.

„Es war 10 Uhr, ehe ich mit dem ersten Theile meines Vortrages fertig war. Ich brach deshalb ab und verliess die Tribüne. Doch wurde auf den Antrag von General Sabine als Präsidenten beschlossen, ich solle weiter sprechen, und so habe ich noch über die Bewegungen des menschlichen Auges und ihre Beziehungen zu den Gesichtswahrnehmungen bis 10 $\frac{1}{2}$ Uhr gepredigt, wo ich ziemlich zu Ende

war. Doch beruhigte mich, dass noch verschiedene Herren nach mir aufstanden und eigene zustimmende Beobachtungen zum Besten gaben. Sabine hielt mir eine Dankrede, in der er besonders meine Fertigkeit im Englischen lobte. Es floss aber auch wie ein Waldstrom von meinen Lippen, zuletzt aber konnte ich kaum noch laut reden.“

Ausserdem hielt er in der Zeit seines vierwöchentlichen Aufenthaltes in England sechs populäre Vorlesungen in London „Lectures on the Conservation of Energy“, über welche er du Bois am 15. Mai von Heidelberg ausführlichen Bericht erstattet, damit zugleich die Mittheilung verbindend, dass ihm am 24. April eine Tochter geboren sei, welche die Namen Ellen Ida Elisabeth erhalten habe:

„Ich war sechs Wochen in England, meist in London, in der Osterwoche auch in Oxford, Glasgow und Manchester. Ich habe viel Interessantes gesehen und finde von Zeit zu Zeit einen Aufenthalt in London immer wieder anregend und angenehm. Was die populären Vorlesungen in der Royal Institution betrifft, so muss ich Dir aber in der That Recht geben, dass man sich immer mehr wird besinnen müssen, ehe man dergleichen wieder übernimmt. Ich habe durchaus keine Ursache, mit dem äusseren Erfolge der meinigen unzufrieden zu sein, da ich fortdauernd ein Publicum von 300 Leuten und darunter eine Menge wissenschaftlich gebildeter Männer hatte. Aber die Concurrenz der populären Vorlesungen in London ist so gross, dass sie im Begriff sind, in die allgemeinste Effecthascherei herabzusinken . . . Tyndall hat in der That ein ausgezeichnetes Talent für populäre Vorträge und ist im Publicum sehr anerkannt. Ein Medium für Klopffeister liess neulich seinen Namen im Himmel buchstabiren, welcher war „Poet of science“ . . . Da ich fand, dass die Meinung ganz verbreitet war, Deine Versuche seien zu subtil, um sicher zu gelingen, so habe ich Gelegenheit genommen, in

meiner letzten Vorlesung noch einige Deiner Fundamentalversuche zu zeigen.“

Dieser Freundschaftsdienst gegen du Bois hat Helmholtz mancherlei Unannehmlichkeiten bereitet; durch einige Ausdrücke, die in dem Report der Helmholtz'schen Vorlesung in der Medical Times vorkamen, glaubte sich Matteucci unrechtmässig hintangesetzt und liess Helmholtz eine Abschrift seiner Reclamation zukommen, welche er an den Editor des Journals gesendet hatte. Helmholtz verfasste nun „eine möglichst höfliche Antwort“, in welcher er Matteucci zugiebt, was ihm in Wirklichkeit zukommt, und auseinandersetzt, warum er du Bois und nicht ihn genannt habe:

„Sie müssen entschuldigen, dass ich nicht schweigen konnte über das Urtheil, das Sie in Ihrem Briefe über die Forschungen meines Freundes du Bois-Reymond gefällt haben; dieser ist seit vielen Jahren ein sehr naher Freund von mir, und es war meine Pflicht, zu accentuiren, wie sehr ich seine Forschungen schätze. Ich will nicht versuchen, die Art zu rechtfertigen, wie er Ihre Forschungen kritisirt hat, und ich kann Sie versichern, dass ich es ihm oft selbst gesagt habe.“ Bei grösster Anerkennung der Verdienste Matteucci's, welcher zuerst die schwierige Materie der thierischen Elektrizität in Angriff genommen, bestreitet er gesagt zu haben, dass die von ihm besprochenen Versuche vor den Vorlesungen von du Bois überhaupt noch nicht gemacht, sondern nur, dass sie in England nicht häufig ausgeführt worden seien. Mit Bezug auf eine Stelle des Matteucci'schen Briefes schliesst er mit den Worten:

„Was Ihre politischen Allusionen betrifft, so kann ich Sie versichern, dass in der protestantischen Bevölkerung Deutschlands, zu der auch ich gehöre, nicht die geringste Spur von Antipathie gegen Italien und die Italiener besteht, sondern eine warme Sympathie mit jedem Fortschritt in der

italienischen Freiheit. Unter unseren Katholiken sind natürlich viele Fanatiker, die alles auf dem Altar der römischen Hierarchie opfern würden.“

Nach seiner Rückkehr aus England legte er noch, bevor er seine physiologisch-optischen Untersuchungen wieder aufnahm, am 23. Mai 1864 der Berliner Akademie eine Arbeit „Versuche über das Muskelgeräusch“ vor, deren Gegenstand für ihn ein akustisches und muskelphysiologisches Interesse hatte, und die er am 15. Mai du Bois mit dem Bemerkten überschickte: „Sie enthält nur die Resultate gelegentlich angestellter Versuche, die aber doch vielleicht hier oder da nützlich sein können.“ Der schon längst von Grimaldi, Wollaston und Erman in stiller Nacht an den Muskeln beobachtete leise Ton wurde trotz seiner grossen Bedeutung für die Herztöne doch erst von Helmholtz genauer untersucht. Indem er die Zusammenziehung der Muskeln durch einen Inductionsapparat mit schwingender Feder hervorbrachte, der so weit entfernt war, dass man von seinem Tone nichts vernehmen konnte, hörte er bei genügend grosser Stromstärke deutlich einen Ton, der, wie er sich überzeugte, nicht in Folge einer Reibung des Muskels an den umliegenden Theilen oder dieser an einander entstanden sein konnte. Die Existenz desselben hielt er für einen directen Beweis der von du Bois aufgestellten Ansicht, dass die elektrischen Wirkungen der Muskeln auf die Existenz sehr kleiner elektromotorischer Molekeln zurückgeführt werden müssen. Er fand, dass, wenn eine Stimmgabel von 120 Schwingungen den Strom unterbrach, er im Muskel verhältnissmässig stark auch den Ton von 240 Schwingungen hörte. Es ergab sich ferner aus den fortgesetzten Versuchen, die er am 20. Juli 1866 dem naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg vorlegte, das wichtige Resultat, dass unser Rückenmark, sobald wir einen Muskel zusammenziehen wollen, demselben 18 bis 20 Reize in jeder Secunde ertheilt, so dass nur seine Obertöne hörbar sind. Helmholtz nahm diese

Untersuchungen später nicht mehr auf; eine Andeutung Ludwig's, dass er über diesen Gegenstand in seinem Laboratorium arbeiten lassen wolle, beantwortet Helmholtz am 4. December 1866 mit den Worten:

„Ihr braucht Euch nicht zu geniren, über den Herzmuskel zu arbeiten; ich selbst hoffte Aufschlüsse über die Actionen des Rückenmarkes bei der willkürlichen Bewegung daraus zu erhalten, habe aber wenig Hoffnung mehr, weil die Bewegung zu unregelmässig ist. Sie ist nur ein Geräusch, welches sich einem musikalischen Tone nähert, das heisst eigentlich einem unhörbaren Grundtone von etwa 19 Schwingungen. Die Resonatoren, die ich anzuwenden versucht habe, haben mir gar nichts geholfen.“

Nun wandte sich Helmholtz wieder ganz der physiologischen Optik zu. Die wichtigen Arbeiten Hering's über die Raddrehung nöthigten ihn, da er für die Ausarbeitung des Capitels über die Gesichtswahrnehmungen in seinem Lehrbuch eine gründliche Durcharbeitung aller Untersuchungen über den Horopter und die Bewegungen des Auges anstellen musste, auf seine früheren Arbeiten über diesen Gegenstand wieder zurückzukommen. Er ging in einem am 25. November 1864 im naturhistorisch-medizinischen Verein zu Heidelberg gehaltenen Vortrage „Ueber den Einfluss der Raddrehung des Auges auf die Projection der Retinabilder nach aussen“ auf den von Hering aufgestellten Satz näher ein, dass wir die Objecte so projeciren, als wenn die Netzhautbilder sich in einem in der Mitte zwischen beiden wirklichen Augen gelegenen ideellen Auge befänden, dessen Gesichtslinie nach dem Convergenzpunkte der beiden wirklichen Gesichtslinien gerichtet ist. Eine Erklärung für denselben suchte er darin, dass wir beim gewöhnlichen Sehen keine bewusste Trennung der Eindrücke beider Augen bewerkstelligen und die Richtung der Gegenstände daher auch nicht auf je ein oder das andere Auge, sondern auf den Kopf und dessen Mittelebene beziehen lernen. Dagegen

glaubt er die Annahme von Hering, dass die Projection der Objecte immer so vollführt wird, als ob gar keine Raddrehung da wäre, dadurch ersetzen zu müssen, dass man die Objecte so sieht, wie das ideelle Auge sie sehen würde, wenn es die normalen Drehungen eines Auges mitmachte, welches auf den Convergenzpunkt der beiden Gesichtslinien gerichtet ist, und dessen Drehung also immer nahehin dem Mittel aus den Raddrehungen beider Augen zusammengenommen entsprechen würde.

Er legt sich endlich noch bezüglich dieser äusserst schwierigen Probleme in einem am 13. Januar 1865 gehaltenen Vortrage „Ueber die Augenbewegungen“ die Frage vor, wie die Erscheinung zu erklären sei, dass sich normale Augen unter gewöhnlichen Verhältnissen nur so bewegen können, wie sie sich bewegen müssen, um beide ein und denselben Punkt zu fixiren und deutlich zu sehen, also gleichzeitig nach oben oder unten, rechts oder links. Während bisher angenommen wurde, dass die Wege der Nervenleitung zu den Muskeln in der Weise verbunden seien, dass nur diese bestimmten Bewegungsgruppen entstehen können, schliesst Helmholtz auf Grund vielfacher Versuche, nach denen man auch lernen kann, das eine Auge nach oben, das andere nach unten zu richten, dass der Zwang in der Combination der verschiedenen Augenbewegungen nur davon herrührt, dass wir die Intention unseres Willens auf keinen anderen Zweck richten können als den, ein bestimmtes Object einfach und deutlich zu sehen, und dass wir deshalb abnorme Augenbewegungen ausführen lernen, sobald wir die Augen unter abnormen Bedingungen sehen lassen. Helmholtz zeigt noch in Uebereinstimmung mit dem von ihm gegebenen Beweise des Listing'schen Gesetzes durch interessante Versuche mit rotirenden Prismen, dass eine abnorme Raddrehung stattfinden kann, die sofort wieder aufhört, wenn die abnormen Bedingungen entfernt werden, und dass daher auch die Raddrehung der Augen dem Willen

unterworfen ist und vollzogen werden kann, sobald sie nöthig ist.

Im Zusammenhange mit diesen Untersuchungen behandelte er in einem Vortrage am 30. Juni 1865 die von ihm angestellten Versuche „Ueber stereoskopisches Sehen“. Mit Hülfe eines von ihm construirten Stereoscops, welches keine Prismen, sondern nur Linsen enthält und eine doppelt so starke Vergrösserung hervorbringt, als die gewöhnlichen Stereoskope, zeigt er — während man bisher bei den stereoskopischen Bildern nur berücksichtigte, dass die horizontalen Abstände der einzelnen Objectpunkte beiden Augen verschieden erscheinen — wie auch der Umstand Einfluss auf die stereoskopische Projection hat, dass die verticalen Abstände nach rechts gelegener, senkrecht über einander befindlicher Punkte dem rechten Auge grösser als dem linken erscheinen müssen.

Das Jahr 1865 brachte ihm wieder eine Reihe äusserer Anerkennungen; auch konnte er am 30. April Ludwig mittheilen, dass er den schon einige Zeit in Aussicht stehenden Ruf an das Josephinum nach Wien in höflichster Weise definitiv abgelehnt habe, „ohne weiter die Antwort von Karlsruhe abzuwarten, ob man ihm von dort gewisse kleine Wünsche, die er noch hatte, erfüllen würde oder nicht“. Der badische Minister Jolly bewilligte ihm im Juli alles, was er wünschte, mit den Worten: „Man redet uns zwar allerhand schlimme Reactionsgelüste nach, so schlimm steht es aber doch noch nicht mit der neuen Aera, dass sie nicht alles thäte, um den Glanz von Heidelberg zu erhalten.“

Aber mehr als alle diese äusseren Ehrenbezeugungen freute es ihn, dass kaum zwei Jahre nach dem ersten Erscheinen das Bedürfniss nach einer neuen Auflage seiner Lehre von den Tonempfindungen sich fühlbar machte. Wieder war sein Freund Ludwig der erste, dem er im Februar 1865 die zweite Auflage seines Werkes überschickt,

und der von Neuem sich voller Bewunderung über die grossartige Schöpfung von Helmholtz äussert, jedoch die nachfolgende Stelle in dessen Werke beanstanden zu müssen glaubt:

„Unter unseren grossen Componisten stehen Mozart und Beethoven noch am Anfange derjenigen Periode, in welcher die Herrschaft der gleichschwebenden Temperatur beginnt. Mozart hat noch Gelegenheit gehabt, reiche Studien in Gesangcompositionen zu machen. Er ist Meister des süssesten Wohllauts, wo er ihn haben will, aber er ist darin auch fast der Letzte. Beethoven hat mit kühner Gewalt Besitz ergriffen von dem Reichthum, den die ausgebildete Instrumentalmusik hervorbringen konnte, seinem gewaltigen Willen war sie das gefügsame und zu allem bereite Werkzeug, in welches er eine Gewalt der Bewegung zu legen wusste, wie vor ihm Keiner. Die menschliche Stimme aber hat er als dienende Magd behandelt, und deshalb hat sie ihm auch nicht mehr die höchsten Zauber ihres Wohlklanges gespendet.“

Gegen diese Ansicht lehnt sich nun Ludwig auf, dem Helmholtz am 30. März 1865 antwortet:

„In Deinem ersten Briefe aus Leipzig opponirst Du gegen meine Aeusserungen über Beethoven; ich hätte vielleicht nicht bloss kritisch über ihn sprechen sollen, um nicht missverstanden zu werden, denn auch ich finde, dass er der gewaltigste und erschütterndste aller Componisten ist, und ich selbst spiele auch fast nichts, wenn ich einmal spiele, als Beethoven'sche Sachen. Und wenn ich über die Mittel der musikalischen Bewegung zu sprechen gehabt hätte, würde ich ihn auch allen anderen vorangestellt haben. Ich hatte aber vom Wohlklang und der feinen künstlerischen Schönheit des Flusses der Harmonie ausschliesslich zu reden, und da glaube ich allerdings, dass Mozart der Erste ist, wenn er uns auch nicht so mächtig erschüttert. Und überhaupt, wenn man älter wird und mehr und mehr Narben

an der Seele mit herumträgt, hört man auf, die Erschütterungen als das Grösste in der Kunst zu betrachten.“

Ernster und gewichtiger waren die Einwände und Zweifel, welche der von Helmholtz so hoch geschätzte geistvolle Forscher Fechner in einem Schreiben vom 6. Juni 1869 ihm entgegenhielt:

„Die gerechte Bewunderung, welche die Welt, mich selbst eingeschlossen, Ihren Arbeiten zollt, hat durch Ihre Tonlehre nur gesteigert werden können. In dem bindenden Zusammenhange von Thatsachen und Schlüssen, auf den sich dieselbe stützt, ist mir nur ein Punkt nicht vollständig liquid erschienen, und da ich mich in einer Schrift über Elemente der Aesthetik, an der ich arbeite, darauf zu beziehen habe, so möchte ich mich gern auf eine authentische Erklärung von Ihnen darüber beziehen und meiner eigenen Unsicherheit über diesen Punkt steuern. Sie erklären die melodischen Beziehungen der Töne nicht minder als die harmonischen durch das Dasein von Obertönen, und, wenn ich Ihre Ansicht richtig fasse, obwohl ich dessen nicht ganz sicher bin, würden ohne das Dasein von Obertönen zwei Töne sich nicht anders, nur in anderer Richtung, nach ihrer Höhe als nach ihrer Stärke unterscheiden, hiermit die so eigenthümlichen und abgestuften Verwandtschafts- und Verschiedenheitsbeziehungen zwischen den Tönen, die wir als melodische bezeichnen, wegfallen. Eine Octave erscheint deshalb dem Grundtone so ähnlich, weil der Grundton alle Partialtöne der Octave in seinen Obertönen enthält, die Quinte deshalb weniger ähnlich, weil eine minder vollständige Coincidenz in dieser Hinsicht stattfindet u. s. w. Diese Auffassung ist unmittelbar so einleuchtend und fügt sich den factischen Verhältnissen der Töne bei den üblichen Instrumenten so vollständig, dass das Columbus-Ei damit gefunden scheint. Man sagt sich, es muss aus der grösseren oder geringeren Coincidenz der Theile der Töne eine grössere oder geringere Verwandtschaft der ganzen Töne für die

Empfindung resultiren. Aber ich weiss nicht damit fertig zu werden, dass durch die Verwandtschaft der Octave mit dem Grundton die melodischen Beziehungen der Töne überhaupt, noch ganz ebenso deutlich bei den Tönen von Stäben, Platten und Glocken als bei den Saiteninstrumenten und der menschlichen Stimme hervortreten, ungeachtet bei Instrumenten jener Art nach Ihrer Bemerkung die Obertöne musikalisch vernachlässigt werden können oder, sollten sie in Rücksicht kommen, ganz abweichende melodische Beziehungen bedingen müssten . . .“

Helmholtz erwidert ihm am 3. Juli:

„ . . . 1) Eine schwache Begleitung von harmonischen Obertönen ist wenigstens bei allen starken einfachen Tönen immer vorhanden. Sie entstehen nach demselben Princip, wie die Combinationstöne, theils gelegentlich ausserhalb des Ohres, theils regelmässig im Ohre, so oft die Schwingungen so gross werden, dass die elastischen Kräfte den Verschiebungen nicht mehr genau proportional bleiben. Dass im Ohr besonders günstige Verhältnisse hierfür gegeben sind, dass sogar Klirrtöne zwischen Hammer und Amboss entstehen können, haben mich meine Untersuchungen über die Mechanik des Ohres (Pflüger's Archiv f. Phys., Bd. I) gelehrt. Ich habe dies in der ersten Ausgabe meiner Tonempfindungen wohl nicht genug hervorgehoben, und es bestimmter gethan in der neuen, deren Manuscript ich vor Kurzem an Vieweg gesendet habe, und deren Druck jetzt beginnen soll. Dadurch bekommt nun unverkennbar die Reihe der harmonischen Obertöne noch eine neue subjective Bedeutung. Ich hatte sie ursprünglich nur charakterisirt als die Reihe, welche bei allen genau periodischen Schwingungen, die dauernd gleichmässige Empfindung erregen, vorkommt.

2. Glaube ich aber doch, dass eine Melodie wieder-erkannt werden kann, wenn sie in schwachen einfachen Tönen ausgeführt wird, ohne dass hierbei Obertöne von

wahrnehmbarer Stärke eintreten. Aber ich glaube andererseits, Musik wäre nie erfunden worden, wenn den Tönen immer die Beziehungen der Obertöne in der Weise fehlten, wie sie es in den Farben thun. — Tonhöhen und Tonintervalle können im Gedächtniss aufbewahrt und wiedererkannt werden, auch wo ihnen einmal ganz und gar die Merkzeichen, nämlich die Obertöne, fehlen, die ihnen die hervorstechende Bedeutung vor den benachbarten Tonintervallen geben, und auf denen die unmittelbare sinnliche Controlle ihrer richtigen Grösse beruht. Wenn Sie damit einen Fall vergleichen, wo wir einen gewöhnlich rothen Gegenstand einmal weiss sehen, so haben wir im letzteren Falle eine positiv neue Empfindung, die sonst fehlt. Fehlen uns die Obertöne bei einem melodischen Intervall, so kommt nichts Neues hinzu, es fehlt uns nur ein gewöhnlich vorkommender, bald schwach, bald stark entwickelter Theil der Empfindung, der uns über die Grösse des Intervalls sicherer macht, als die Erinnerung. Aber es tritt nichts Neues, Fremdes an die Stelle. Ich möchte die Sache eher vergleichen mit der binocularen Betrachtung eines Objects und mit der eines Bildes. Jene giebt wie eine Melodie mit Obertönen Momente in der Empfindung, welche ganz bestimmt entscheiden lassen über die Tiefendimensionen; das Bild giebt diese nicht, wie die Melodie ohne Obertöne; aber wir können uns, wenn wir das Object gut kennen, daraus doch eine hinreichend lebendige Anschauung bilden, und unter vielen Umständen ist es sogar schwer zu erkennen, ohne directes Experiment, ob binoculares Sehen unsere Tiefenanschauung unterstützt oder nicht. Mir scheint das Wesentliche zu sein, dass Melodie Bild einer Bewegung ist, und dass in unmittelbarer sinnlicher Empfindung eine Messung der Distanzen der Tonhöhe möglich gemacht ist. Kennen wir nun aus der Erinnerung ein Intervall als ein bekanntes, so können wir im einzelnen Falle die messenden Kennzeichen entbehren, ohne darum ganz irre zu werden,

wenn auch dadurch der Eindruck der Melodie etwas von der Mattigkeit des Erinnerungsbildes erhält. Dagegen muss ich nach eigener Erfahrung behaupten, dass Töne mit unharmonischen Nebentönen, wenn diese nicht sehr schwach oder sehr weit entfernt vom Obertone sind, nur ganz falsch klingende Melodien geben, die allerdings als Copien richtiger Melodien durch die Erinnerung wieder erkannt werden können. Das Princip, was Sie verlangen, um das unterschiedslose Zusammenfliessen der Obertöne zu verhindern, und dann wieder das Verhältniss der Töne in der Melodie geben soll, ist, wie ich meine, gegeben in der Thatsache (oder Hypothese), dass verschieden hohe Töne verschiedene Nervenfasern afficiren.“

Harmonisch tönt die Unterhaltung der beiden grossen Naturforscher in dem Antwortschreiben Fechner's vom 12. Juli aus:

„Vor Allem habe ich Ihnen für die freundliche Weise zu danken, mit der Sie auf meine Zweifel eingegangen sind. Das Hauptbedenken, was ich erhob, hätte ich mir freilich selbst so lösen sollen, wie Sie es gethan haben; kann auch nicht umhin, das Beispiel, was Sie an die Stelle des von mir gewählten zur Erläuterung der hier einschlagenden Associationsverhältnisse setzen, der Sachlage entsprechender zu finden als meines . . . Jedenfalls werde ich mich wohl zu hüten haben, selbst, wenn schliesslich ein Zweifel für mich bleiben sollte — denn von mehr könnte nicht die Rede sein — einer übrigens so einleuchtenden Theorie und Ihnen damit zu widersprechen, der Sie in der Sache zu Hause sind und die alleinige Autorität haben. Nur wiederholen aber kann ich den Wunsch, dass Sie selbst einmal gelegentlich diesen Gegenstand einer etwas eingehenderen Besprechung unterziehen möchten, als er in Ihrem Werke gefunden, da Ihnen mein Beispiel zeigt, dass denen, die nicht ganz in der Sache zu Hause sind, sonst leicht ebensolche Schwierigkeiten kommen könnten.“

Die Beschäftigung mit der physiologischen Optik erlitt nur eine ganz vorübergehende Unterbrechung durch seine Eis- und Gletscheruntersuchungen. Er hatte zunächst zu deren Begründung im naturhistorisch-medicinischen Verein in Heidelberg am 24. Februar 1865 in einem Vortrage „Ueber Eigenschaften des Eises“ die Frage nach der Ursache des Phänomens der Regelation des Eises erörtert, um dann noch in demselben Monat in einem öffentlichen Vortrage „Eis und Gletscher“ nach einer einleitenden ausgezeichneten Schilderung der Gletscherwelt auf die damals sehr viel erörterte Frage der Bewegung der Gletscher näher einzugehen. Nach der Lectüre des Vortrages schreibt ihm du Bois am 8. Juni 1866:

„... Du siehst, ich bin etwas rabiāt; das ist stets der Fall, wenn ich mit meiner Arbeit nicht vom Flecke komme, namentlich wenn ich noch dazu Andere so eine schöne Sache nach der anderen aus dem Aermel schütteln sehe. Dein Versuch mit dem luftleeren Kolben am Schlusse des ersten Heftes Deiner gemeinfasslichen Vorträge, welche denen Bessel's ebenso an Schärfe gleich kommen, wie sie sie an Schönheit des Ausdrucks und an Umfang des Vorstellungsgebietes übertreffen, erfüllt mich mit jenem Neide, der in die Bewunderung überschlägt. Der gute Tyndall wird sich nicht wenig wundern, selbst in Gletschersachen einen Meister in Dir zu finden.“

Blaserna schildert in einer mir vor Kurzem gemachten Mittheilung diese Beobachtungen an Eis und Gletschern auf seinen mit Helmholtz gemeinsam unternommenen Wanderungen:

„Seit jener Zeit (1870) wurden wir Freunde, wir trafen uns beinahe alle Jahre im Engadin, wohnten in demselben Hotel Saratz in Pontresina, machten sehr viele Besteigungen und Spaziergänge, verlebten alle Jahre vier bis sechs Wochen zusammen und hatten Gelegenheit, uns, so zu sagen, über alles auszusprechen. Ich kann gar nicht sagen, mit welchem

Vergnügen ich an jene Zeiten zurückdenke, in denen sein hoher Geist, seine stets bereite Mittheilbarkeit und sein nobles Wesen immer zu meiner Verfügung standen. Unser gemeinschaftliches Leben in Pontresina war sehr einfach und regelmässig. Helmholtz war nicht einer von jenen Bergsteigern ersten Ranges, denen alle schon bekannten Touren zu wenig sind, und die sich gerne nur auf neue Besteigungen einlassen. Aber er liebte es sehr, auf Berge und Gletscher zu steigen und von ihrer Höhe die wundervolle Aussicht zu geniessen, die die Natur in so reichem Maasse bietet. Er war ein kräftiger und sicherer Steiger, dem es auf vier bis sechs Stunden Steigung nicht ankommt. Ich war ungefähr von derselben Force, so dass wir sehr oft unsere Touren zusammen machten. Ich bewunderte sehr seine Elasticität und sagte immer, dass ich nicht in der Lage sein würde, das zu leisten, was er leistete, sobald ich sein Alter erreicht hätte.

Sehr interessant war es, mit ihm Gletscher zu begehen. Sein Auge war überall, und alles, was das Eis bieten konnte an merkwürdigen Erscheinungen und Formationen, wurde sogleich Gegenstand seiner Untersuchungen. Seine Studien über Gletscher und Eis, die veröffentlicht wurden, sind offenbar so entstanden. Mich fesselte am Gletscher mehr das Gefühl der grossen, erhabenen Natur, wo die Zeit sich so langsam abspielt, und die der Mensch nur durch seinen Muth, durch seine Ausdauer und durch seine Intelligenz sich schliesslich unterworfen hat; aber ich hörte Helmholtz mit grossem Interesse zu, wenn er von seinen Untersuchungen sprach, und gestehe mit Vergnügen, viel von ihm gelernt zu haben. Eine kurze Theorie der grossen Eisperiode, die ich veröffentlichte und in der ich zum Schlusse komme, dass zur Zeit der grössten Entwicklung der Montblanc-Gletscher die mittlere Temperatur jener Region etwa 1 bis 2° höher war als jetzt, war eine Folge unserer Gespräche.“