

Zum Gedächtnis an August Kundt.

Rede, gehalten in der Allgemeinen Sitzung vom 8. Juli 1895.

Von Hermann Th. Simon.

Meine Herren!

Das Jahr 1894 bleibt in der Geschichte der Physik für immer ein Jahr schmerzlicher Erinnerung. Hat es doch Dreien der Besten ihrer Bekenner auf einmal, Heinrich Hertz, August Kundt, Hermann v. Helmholtz, in ihrer Siegeslaufbahn auf dem Wege der Erkenntnis ein jähes Halt zugerufen.

Ein jähes Halt für alle Zeit, das es schmerzlichen Widerhall weckte, soweit das Reich des Wissens herrscht und Menschen umschliesst, die sich an der geistigen Kraft und Grösse ihrer Zeit erheben und erfreuen.

Auch dem Genie ist nur zu unabwendbar ein Ziel gesteckt. Diese eherne Notwendigkeit ist hier dreifach wahr geworden. Aber dreifach auch bleibt wahr: Soviel wir an diesen drei Männern verloren haben, soviel bleibt unser in alle Zeit; unser an ihren unvergänglichen Werken, an der lebendigen Kraft ihrer Gedanken und ihrer Persönlichkeiten. Und immer wieder wird man sie nennen die grossen Namen Hertz, Kundt, Helmholtz, solange Wissenschaft und Wissensdrang bestehen.

Von Heinrich Hertz, den jenes tückische Halt traf, als er, zwar schon auf der Höhe eines beispiellos genialen Forscherlebens, nach menschlichem Ermessen seinen besten Jahren erst entgegen ging, von Heinrich Hertz, dem Forscher und Menschen, ist an dieser Stelle ein umfassendes Lebensbild entworfen worden ¹⁾.

Was die Menschheit an dem Riesengeiste eines Helmholtz verloren hat, weiss oder ahnt jeder, der unsere Zeit bewusst gelebt hat, und immer schmerzlicher wird es die Zukunft empfin-

1) H. Ebert, Sitz.-Ber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen Nr. 26 p. 15. 1894.

den lehren. Auch sein Leben hat hier vor nicht langer Zeit von berufener Seite eine würdige Schilderung gefunden¹⁾. — Welch ein trefflicher Mann, Welch eine herrliche Persönlichkeit, Welch hervorragender Forscher und Lehrer aber in August Kundt dahingegangen ist, das, will mir scheinen, ist noch lange nicht genug über die Kreise seiner Fachgenossen und Freunde hinaus bekannt. Und doch verdient er es, wie einer, dem Herzen und dem Gedenken seines Vaterlandes nahe zu stehen. Denn er war ein deutscher Mann ureigenster Kraft und ureigensten Wesens, wie sie uns immer wieder als unvergängliche Beispiele vor Augen stehen sollten. Und sein Wirken und seine Persönlichkeit sind so recht geeignet, sich daran zu erheben und zu begeistern. Weit mehr fast, will mir scheinen, wie das eines Helmholtz. Denn die unfassbare Grösse des Genies, wie es sich in diesem gigantischen Geiste vereinigt fand, macht uns schwindeln. Wir können solche Grösse nicht von Angesicht zu Angesicht schauen, ohne im Gefühle eigener Nichtigkeit zu Boden gedrückt zu werden. Bei Kundt hingegen finden wir uns die Grösse menschlich nahe gerückt. Hier berührt sich unser Wollen und Streben mit dem Glanze einer Genialität, welche belebendes Licht spendet, ohne zu blenden.

Lassen Sie mich versuchen, Ihnen, so gut ich es nach den Eindrücken, die ich als sein Schüler gewonnen habe, vermag, ein getreues Bild zu zeichnen von dem teuren Manne, seinem Forschen, seinem Lehren und Wirken und seiner Persönlichkeit. Denn der Forscher, der Lehrer und der Mensch Kundt gehören zusammen. Nur vereint betrachtet, geben sie ein richtiges, die ganze Bedeutung dieses Lebens umfassendes Bild.

August Kundt wurde geboren am 18 November 1839 zu Schwerin. Sein Vater, Commissar des grossherzoglichen Marstalls, ein Mann von reichem, meist autodidaktisch erworbenem Wissen und vielseitigstem Interesse, wusste die Kräfte des jungen Kundt nach den verschiedensten Richtungen hin zu wecken. Ihm dankte der Sohn eine Reihe von schönen Fertigkeiten, die ihm später so dienlich werden sollten. Vom Vater scheint er vor allem die wundervolle Elastizität des Geistes, die ihn später auszeich-

1) E. Wiedemann, Sitz.-Ber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen Nr. 25 p. 25. 1893.

nete, geerbt zu haben, sowie die lebendige Kraft des Entschlusses, die vor keiner Schwierigkeit zurückzusehen gelernt hat und nicht ruht, bis sie überwunden ist. — Das Erbteil der Mutter dagegen scheint sein rastloses, unermüdlich thätiges Wesen gewesen zu sein, seine ewig jugendliche Frische, ein gewisses Feuer der Begeisterung, welches ihn bei allem seinem Reden und Thun entflammte und dem Geist über alle körperlichen Unbilden hinaus die unbedingte Herrschaft der Energie sicherten. Bis in seine letzte Zeit des körperlichen Siechtums hinein hat ihn diese Frische nur selten verlassen, und mag seine Angehörigen und Freunde nur zu sehr über den Ernst seines Zustandes hinweggetäuscht haben.

Die Gymnasialzeit verbrachte er in seiner Vaterstadt. Seine freie Zeit fand ihn da schon früh naturwissenschaftlichen Beschäftigungen und Neigungen zugewandt, denen er in seiner „Hexenküche“ — so nannten die Bediensteten des Hauses das kleine Laboratorium des Knaben — eifrig nachhing. — Mit dem Zeugnis der Reife ging er dann zu Michaelis 1859 nach Leipzig, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studieren. Von all den Männern, deren Vorlesungen er hier und später, seit 1861, in Berlin hörte — es waren in Leipzig besonders der Astronom Bruhns, der Chemiker Erdmann, der Physiker Hankel, der Mineraloge Naumann, der Mathematiker A. F. Möbius, in Berlin die Astronomen Encke und Förster, der Mathematiker Kummer, der Physiker Dove — von allen diesen Männern hat keiner so nachhaltigen Einfluss auf ihn ausgeübt, wie der Physiker Magnus, in dessen Laboratorium zu Berlin er eintrat, als einer der wenigen Ausgezeichneten, welche in des Meisters nächster Umgebung arbeiten durften. Magnus, einer der Grossmeister mustergültiger exakter Experimentalforschung, war für die Begabung Kundt's in jeder Weise der geeignete Lehrer. Unter seiner Anregung entwickelte sich Kundt's wissenschaftliche Kraft und experimentelles Geschick zu der klassischen Vollendung, welche uns aus allen seinen Arbeiten entgegentritt und ihnen den Stempel der Meisterschaft aufdrückt. — Für die Ausbildung und Entwicklung seiner vielbewunderten experimentellen Geschicklichkeit hat, wie er es selbst oft genug hervorhob und wie W. v. Bezold mahnend in seiner Gedächtnisrede auf ihn¹⁾ betont, der gewisse Zwang,

1) W. v. Bezold, August Kundt, Gedächtnisrede. Leipzig 1894.

welchen die Einfachheit der damaligen Mittel der Selbsthülfe auferlegte, eine hervorragende Bedeutung gehabt. Er hat in seiner Lehrthätigkeit diese Erfahrung wohl verwertet. Gar oft hat man ihn klagen hören, dass die Bequemlichkeit der modernen Mittel den werdenden Physiker gar zu sehr verwöhne, und unselbständig und unfertig mache zum Kampf mit der Materie, zu welchem er doch berufen sei. — In der That, seine Arbeiten sind das glänzendste Zeugnis, wie sehr er selbst zu diesem Kampfe gerüstet war.

Die ersten Berliner Jahre, die Lehrjahre, zeitigen schon eine Reihe von schönen Einzelarbeiten ohne besonderen inneren Zusammenhang untereinander, Früchte offenbar seines eifrigen Studiums der physikalischen Literatur. Er sondiert das Terrain und sucht nach dem Felde, auf welchem seine geistige Kraft zu einem Hauptschlage ausholen könne.

Die wichtigsten Abhandlungen, welche aus dieser Periode stammen, lauten: „Über die Untersuchung planparalleler Platten.“ „Über Augenmass und optische Täuschung.“ „Über Depolarisation.“ „Über die Doppelbrechung in tönenden Stäben.“ — Die erste von ihnen gibt eine einfache Methode zur Prüfung der Planparallelität von durchsichtigen Platten und stellt die Gleichungen auf, welche die Methode auch zur Bestimmung des Neigungswinkels einer von der Planparallelität abweichenden Platte benutzen lehren. — Die zweite beschäftigt sich mit einigen bekannten optischen Täuschungen, erklärt sie von einem einheitlichen theoretischen Gesichtspunkte aus, dem sich zugleich die Erfahrungen über Augenmass einordnen, wie sie Kundt aus den verschiedensten Gebieten gesammelt wiedergibt. Weiter liefert diese Theorie die Gesichtspunkte zur Konstruktion mehrerer neuer optischer Täuschungsfiguren. — Die dritte dieser Arbeiten untersucht im Gegensatz zu der Frage, wie man gewöhnliches Licht in polarisiertes verwandele, den umgekehrten Fall, wie man polarisiertes Licht entpolarisiere, und weiter, welche Struktur Körper haben müssen, damit sie diese Umwandlung, sei es beim Durchlassen, sei es bei der Reflexion des Lichtes hervorbringen. — Die vierte endlich geht aus von einer von Biot beobachteten Thatsache, dass ein zwischen zwei gekreuzte Nicol'sche Prismen gebrachter longitudinal tönender Glasstab das Gesichtsfeld aufhellte. Kundt weist mit Hülfe des rotierenden Spiegels nach, dass dieses Aufleuchten

periodisch sei, entsprechend den Einzelschwingungen der Longitudinaltöne des Stabes, und dass es herrühre von der Doppelbrechung, welche notwendig bei der periodisch wechselnden Dehnung und Zusammendrückung der schwingenden Glasteilchen auftreten müsse.

Es ist schon bei diesen, wie bei allen Arbeiten Kundt's, eine Freude, zu verfolgen, wie scharf er sich seine Fragen zu stellen weiss, wie klar durchdacht seine Prämissen aufgestellt, werden und wie streng seine Schlüsse sich fügen. Dabei eine Klarheit der Darstellung, ein Wohlklang und eine Abrundung der Form, die immer wieder erfreut und das Lesen der Kundt'schen Abhandlungen zu einem wahren Genuss macht.

Inzwischen hatte Kundt im April 1864 mit der zweiten der genannten Arbeiten „Über Depolarisation“ promoviert und war Assistent seines grossen Lehrers Magnus geworden. Und nunmehr beginnt sich sein Geist ganz frei zu entfalten.

Die letzte der besprochenen Arbeiten „Über Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben“ hatte Kundt auf dasjenige Gebiet geführt, wo ihm bald unvergänglicher Lorbeer erblühen sollte, auf die Akustik. Sie ist so als Ausgangspunkt anzusehen für die Kette von bedeutsamen Arbeiten, welche sich nun in rascher Aufeinanderfolge anreihet, Glied an Glied, wie eine notwendige Folge von Schluss und Gegenschluss. Nichts kennzeichnet Kundt's weitumfassenden Geist so sehr, wie der Blick, mit welchem er in diesen Arbeiten den Zusammenhang der scheinbar fernliegendsten Gegenstände sofort erfasst und verwertet.

Wilh. Weber hatte beobachtet, dass ein Kork, den man in eine Glasröhre steckt, anfängt, in der Glasröhre zu wandern, sowie man dieselbe durch Reiben in longitudinale Schwingungen versetzt. Eine Erklärung dieser Erscheinung war noch nicht gegeben. Indem nun Kundt diesen Versuch in scharfsinnigster Weise variiert, löst er die Erscheinung in ihre Bestandteile auf und gibt ihre endgültige Erklärung. Er zeigt, dass es die stets neben den longitudinalen Wellen auftretenden Transversalschwingungen sind, welche den Kork bewegen; dass die Fortbewegung nur eintreten kann, wenn der Kork eine konische Form hat, oder vielmehr allgemein eine Form, welche für die Richtung der durch die Transversalstösse in dem Kork geweckten Elastizitätskräfte eine unter einem stumpfen Winkel rückwirkende Resultante sichert.

Es muss dann unter dem Einfluss dieser resultierenden Kraft der Kork durch jeden Transversalstoss etwas nach der Richtung seines dünneren Endes hin fortbewegt werden. — Mehr die Art und Weise, wie Kundt dieses Problem behandelte, als das Problem selbst verdient eingehende Beachtung an dieser Arbeit. Ihre Hauptbedeutung aber bleibt jedenfalls, Kundt's Interesse für die Vorgänge bei elastischen Schwingungen geweckt zu haben. Er ging denn auch gleich weiter auf dem betretenen Pfade. Er griff nun zurück auf eine von Savart angegebene Methode, longitudinale Schwingungen von Stäben dem Auge sichtbar zu machen. Wenn man z. B. in eine Glasröhre ein feines Pulver, etwa Lycopodiumsamen, streut und die Röhre longitudinal anreibt, so ordnet sich der Staub in spiralförmigen Figuren an. Als nun Kundt im Verfolg dieses Versuchs die Röhre an den Enden mit Korken verschloss und dann anrieb, sah er, wie sich der Staub in ganz anderen, quengerippten, periodisch wiederkehrenden Figuren anordnete, den jetzt allgemein unter dem Namen der Kundt'schen Staubfiguren bekannten Formen, da ihre grosse Bedeutung von ihm sofort erkannt und nutzbar gemacht wurde. Beim Anreiben einer solchen beiderseits geschlossenen Röhre gerät die in der Röhre eingeschlossene Luftsäule offenbar in stehende Schwingungen, welche sich dem eingestreuten leichten Pulver mitteilen und dasselbe in den beschriebenen Figuren anordnen. Man hat also in diesen Figuren ein getreues Abbild stehender Luftschwingungen und kann deren Wellenlängen mit Leichtigkeit und, wie Kundt zeigte, mit überraschender Genauigkeit abmessen. Dieselben Wellenzeichnungen erhält man auch, wenn man, statt die das Staubpulver enthaltende Röhre selbst in Schwingungen zu versetzen, etwa die an einem freien Ende eines longitudinal tönenden Stabes erregten Luftschwingungen in eine solche am anderen Ende verschlossene Röhre hineinschickt.

Dieses von Kundt entdeckte Prinzip, stehende Schwingungen von Gassäulen sichtbar und sicheren Messungen zugänglich zu machen, erwies sich in seiner Hand äusserst fruchtbringend. Durch eine ganze Reihe der schönsten und wichtigsten Arbeiten zieht es sich als Leitmotiv und gibt den Schlüssel zur sicheren und zugleich höchst eleganten Beantwortung von mehreren der entscheidendsten Fragen.

Es sei mir gestattet, einige theoretische Bemerkungen hier

einzuschalten, um an ihrer Hand die Bedeutung dieses, des akustischen Cylcus der Kundt'schen Arbeiten ganz würdigen zu können.

Bekanntlich ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wellenbewegung ganz allgemein durch das Produkt aus Wellenlänge und Schwingungszahl definiert. Da nun die Kundt'sche Methode die Längen stehender Gaswellen zu messen erlaubt, so wird man nach seinem Prinzip die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Gasen ermitteln können, sobald man die Schwingungszahl der in die Röhre hineingeschickten Wellen kennt. Diese Schwingungszahl, welche natürlich diejenige des angewendeten Stabes ist, lässt sich leicht bestimmen. Übrigens machte sich Kundt dadurch von den möglichen Fehlern einer solchen Schwingungszahlbestimmung frei, dass er die Schwingungen eines und desselben Stabes in eine Röhre schickte, welche der Reihe nach mit den zu untersuchenden Gasen gefüllt wurde. Dann ist offenbar das Verhältnis der mittels der Staubfiguren gemessenen Wellenlängen zugleich das Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Schalles in den verschiedenen Gasen. Die absoluten Werte dieser Grösse lassen sich mit Hülfe eines einzigen, etwa für Luft bekannten Wertes aus den Verhältniszahlen berechnen. Von welcher grosser Bedeutung derartige Bestimmungen für die theoretische Physik sind, und wie Kundt dementsprechend seine schöne Methode weiter verwertete, darauf wollen wir weiter unten zurückkommen.

Wendet man eine mit Luft gefüllte Röhre an und schickt die Schwingungen eines Stabes hinein, so lässt sich umgekehrt aus der bekannten Geschwindigkeit des Schalles in der Luft und aus der abzulesenden Länge der Luftwellen die Schwingungszahl des angewendeten Stabes berechnen. Zugleich ergibt sich die Wellenlänge der Longitudinalschwingungen des Stabes je nach der Art seiner Befestigung aus seiner Länge. Also hat man jetzt wieder durch das Produkt aus der Wellenlänge im Stabe in seine Schwingungszahl die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Materiale des Stabes. Die Geschwindigkeit einer elastischen Welle ist aber bedingt durch die Quadratwurzel aus dem Quotienten Elastizität:Dichte, des Mediums, in welchem sich die Welle fortpflanzt. Da die Dichte der festen Körper eine gegebene Grösse ist, so ergibt weiter das Kundt'sche Prinzip eine äusserst bequeme und sichere Methode zur Bestimmung der Elastizitäts-

koefizienten fester Körper. Auch für Flüssigkeiten gelang es ihm nach langem Bemühen die Methode anwendbar zu machen.

Wir kehren zur weiteren Verwertung derselben zurück, wie sie die Schallgeschwindigkeiten für die Gase ergeben hatte. Auch für Gase gilt das Gesetz, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in ihnen bestimmt ist durch die Quadratwurzel aus dem Quotienten Elastizität : Dichte.

Die Elastizität der Gase wäre nach dem Druckgesetze derselben dem Drucke gleichzusetzen, welcher auf ihnen lastet, falls sich die Temperatur bei den Schallschwingungen nicht änderte. In diesem Falle aber muss man dem Umstande Rechnung tragen, dass sich die Luft unter dem Einfluss der schnellen Kompressionen und Dilatationen bei den Schallschwingungen periodisch erwärmt und abkühlt. Dass sich hier also in entsprechender Weise die Elastizität, welche die Luftteilchen in ihre Gleichgewichtslage zurückführt, vergrössert. Laplace, welcher diese Überlegung zuerst anstellte, setzte demnach die Elastizität der Gase in dem allgemeinen Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht dem Drucke gleich, sondern ihm durch einen Faktor k proportional und zeigte, dass alsdann der nach der Formel berechnete Wert für die Schallgeschwindigkeit mit dem experimentell ermittelten in Einklang kam. Dieser Laplace'sche Faktor k ist, wie die Theorie weiter ergibt, das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen, welche man für ein Gas findet, wenn man es einmal bei konstant gehaltenem Druck, das andre mal bei konstant gehaltenem Volumen erwärmt. Als solcher ist er für die moderne Anschauung über die Konstitution der gasförmigen Materie von der grössten Bedeutung. Wenn man nämlich mit dieser Anschauung, der kinetischen Gastheorie, annimmt, dass die in einem Gase angehäuften Wärme der kinetischen Energie der in Bewegung befindlichen kleinsten Teilchen entspricht, wobei sich diese Bewegung teils als geradlinig fortschreitende der ganzen Moleküle, teils als solche der Molekülaggregate innerhalb des Moleküls darstellt, so lässt diese Annahme für den Faktor k eine Grösse berechnen, welche durch das Energieenverhältnis jener beiden Bewegungsformen bedingt ist. Für einatomige Gase, bei denen alle Energie nur in geradlinig fortschreitender Bewegung bestehen kann, berechnet die Theorie für den Faktor k den Wert 1,66.

Es ist nunmehr leicht einzusehen, wie Kundt seine Methode zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen weiter verwertete. Wenn er nämlich bei bekanntem Druck beobachtete, und die Dichte der angewendeten Gase bekannt war, so liess sich aus diesen Grössen und aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Faktor k berechnen. Für Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff u. a. bestätigte diese Methode den anderweitig gefundenen Wert $k=1,405$. Für Quecksilbergas, für welches die Chemie aus mancherlei Gründen die Einatomigkeit des Moleküls voraussetzte, fand Kundt in einer mit Warburg gemeinsam vollendeten Arbeit in der That den Wert 1,67, wie ihn die Theorie für ein einatomiges Gas verlangte. So bestätigte er zugleich die Voraussetzung der Chemie, wie er der seitdem weiterhin so fruchtbar gewordenen kinetischen Theorie der Gase eine ihrer Hauptstützen schuf.

Sie sehen aus dieser Übersicht, welche nur in grossen Zügen den scharf gegliederten Gedankengang Kundt's wiederzugeben suchte, ohne auf die mannigfachen Abzweigungen, die sich in zahlreichen weiteren Arbeiten von ihm loslösten, eingehen zu können, zu welcher fruchtbringender Tragweite ihm seine Grundidee der Staubfiguren erwuchs. Wie meisterhaft er im Einzelnen diese Grundidee bis in ihre fernsten Konsequenzen durchführt, wie er sie nach langem Bemühen auch zur Untersuchung der Luftschwingungen in Orgelpfeifen benutzt, wie er mit folgerichtigem Scharfsinn und eiserner Ausdauer den verschiedenen Fehlerquellen auf den Grund geht, bis er seine Entdeckung zu einer Präzisionsmethode der Messung all der genannten wichtigen Grössen ausgearbeitet hat, darauf kann hier nur hingewiesen werden.

Naturgemäss füllt die erschöpfende Erledigung eines so reichen und wichtigen Ideenganges viele Jahre und zieht sich mit Unterbrechungen durch unten zu erwähnende Arbeiten auf andern Gebieten bis in seine spätere Zeit hin. Doch schien es zur vollen Würdigung nötig, diesen Cyclus im Zusammenhang zu überblicken, da er gleichvollendet nach Form und Inhalt, für Kundt's ganze Art zu denken und zu arbeiten wohl am charakteristischsten ist. Zwischendurch und nebenher hat er den mannigfachsten sonstigen Fragen der Physik eine Reihe kleinerer und grösserer Untersuchungen gewidmet. So gibt er eine ausserordentlich sinnreiche Methode zur Untersuchung der Schwingungsform tönender Platten; zeigt wie man Flammen zur Beobachtung von Luftschwingungen,

sowie zur Erregung von Tönen in Luftsäulen benutzen könne. Er konstruiert ein Maximum- und Minimummanometer zur Messung der Druckverteilung in tönenden Luftsäulen, verbessert die Konstruktion der Reibungselektrisirmaschine, findet eine noch nicht beobachtete elektrische Staubfigur auf leitenden Platten und a. m. Alles das sind meist kleinere Arbeiten, die sich aber sämtlich durch die Originalität ihres Grundgedankens oder durch besonderes experimentelles Geschick der Ausführung auszeichnen. Vom Hauptstamm der akustischen Reihe zweigt sich in mehreren Arbeiten ein Ast „Über die Schwingungen von Luftplatten“ ab, der ihn eine lange Zeit des Wachstums beschäftigt zu haben scheint, bis er ihn nach langer Unterbrechung durch die Hauptarbeiten des optischen Cyclus im Jahre 1873 theoretisch und experimentell erschöpfend erledigt.

Mittlerweile hatte er sich im Jahre 1866 durch seine Verheiratung mit der ältesten Tochter Bertha des Hamburger Kaufmanns Keltling ein behagliches Heim und eine bleibende Stätte reichsten und anregendsten Familienglückes gegründet.

1867 habilitierte er sich dann an der Berliner Universität und wurde schon im Jahre darauf an das Polytechnikum in Zürich als Nachfolger von Clausius berufen. Schon 1870 folgte er Letzterem weiter an seine Stelle in Würzburg, da derselbe der Berufung nach Bonn Folge geleistet hatte. Aber auch in Würzburg war seines Bleibens nicht lange. Im Jahre 1872 nämlich wurde er als der Würdigste erlesen, an der glanzvollen Wiederaufrichtung der Universität Strassburg, als einer ruhmreichen Mark deutscher Wissenschaft im wiedergewonnenen deutschen Lande mitzuarbeiten. — So war er im Fluge auf der Höhe seiner Wirksamkeit angelangt. Denn hier, wo er sich dem eigensten Wunsch und Zweck die Wirkungsstätte, das noch heute mustergültige Strassburger Institut, erbauen und einrichten konnte; hier, wo ihm in den Jahren grösster aufstrebender Lebensfrische und unverbrauchtester schöpferischer Kraft unbeschränkt die Mittel zu Teil wurden, in materieller wie ideeller Hinsicht aus dem Vollen heraus zu wirtschaften; hier war das Feld, wo der ganze Mann in seinen unvergleichlichen Fähigkeiten zu forschen, zu lehren, Liebe und begeisterte Verehrung zu säen, zur vollen Geltung gelangte.

In wissenschaftlicher Beziehung war seine Übersiedelung nach Würzburg in gewissem Sinne ein Wendepunkt. Denn von dort-

her fing er an, die Reihe der grundlegenden Arbeiten „Über anomale Dispersion“ in die Welt zu senden und so den zweiten grossen Cyclus zu eröffnen, der seinen Namen für alle Zeit mit der Optik verknüpft, wie ihn der erste unsterblich der Akustik einverleibt hat.

„Schon seit lange bemüht“, so sagt er in einer der ersten dieser Arbeiten, „das sämtliche vorliegende Material über die Körper mit Oberflächenfarben unter einheitliche Gesichtspunkte zu bringen, hatte ich mir bereits vor Jahren bestimmte Vorstellungen über die optischen Eigenschaften dieser Körper gemacht“. Diese besonders durch die Cauchy'schen Theorien angeregten Vorstellungen erschauten einen bestimmten Zusammenhang zwischen Oberflächenfarbe, Absorption und Dispersion. Sie sind nun das leitende Princip, welches seiner Meisterhand den Weg zeigt zu der grossen Fülle von Entdeckungen, die wir jetzt zu betrachten haben.

Zunächst setzten sie die Überzeugung in ihm fest, dass Körper, welche, wie viele Anilinfarben, sogenannte Oberflächenfarben zeigen, eine anomale Dispersion besitzen, d. h. dass sie die Farben in einer von der gewöhnlichen abweichenden Folge brechen müssten. Für Metalle setzten die Theorien von Cauchy und anderen, gestützt auf die schönen Versuche von Jamin über Metallreflexion, eine solche anomale Dispersion voraus. Sie war auch bereits durch Arbeiten von Quincke zu bestätigen versucht worden.

Kundt hatte an Substanzen mit Oberflächenfarben schon vor längerer Zeit vergeblich nach einer experimentellen Bestätigung seiner theoretischen Überzeugung gesucht. Als nun im Jahre 1870 Christiansen in Kopenhagen beim Fuchsin wirklich anomale Dispersion fand, nahm auch Kundt seine Versuche wieder auf und wies nun bald an einer ganzen Reihe von Substanzen mit Oberflächenfarben das erwartete Verhalten nach. Er zeigte, dass ein weisser Lichtstrahl, den man durch ein Prisma solcher Substanzlösungen spektral zerlegte, nicht die gewöhnliche Farbenfolge des Regenbogens ergab, sondern eine andere, beispielsweise grünblau-rot, wo grün am wenigsten, rot am stärksten abgelenkt war.

Es handelte sich hier um die Untersuchung von farbigen und meist sehr undurchsichtigen Lösungen. Auf sehr geschickte Art wurde Kundt dieses erschwerenden Umstandes Herr. Indem er

zwei Glasplatten unter einem Winkel von ca. 25° geneigt auf einander drückte und in die feine Schärfe des so entstandenen Hohlprismas einen Tropfen seiner zu untersuchenden Substanz brachte, gewann er prismenförmige Schichten, die in ihrer kapillaren Spitze, wenn auch oft nur auf Haaresbreite, durchsichtig waren und im Spektralapparat von einem geübten Auge beobachtet werden konnten. — Klassisch geworden ist die Methode der gekreuzten Prismen, durch welche es ihm gelang, die Erscheinung über allen Zweifel erhaben festzuhalten und zu beobachten: Durch ein horizontal gestelltes, normal dispergierendes Glasprisma oder durch ein Gitter denke man sich zunächst ein vertikales Spektrum erzeugt. Schaltet man jetzt ein zweites normales Prisma gekreuzt zu dem ersten in den Strahlengang ein, so wird jede Farbe noch einmal nach Massgabe ihrer Brechbarkeit in der Horizontalebene abgelenkt. Das Spektrum wird alsdann eine hyperbolische Kurve darstellen, da ja die normale Brechbarkeit vom Rot zum Violett hin stetig zunimmt. Ist das zweite Prisma aber anomal dispergierend, so ist die Form der resultierenden Spektralkurve eine ganz andere, der veränderten Brechbarkeit der Farben entsprechende. Das Spektrum zeigt jetzt mehrere Hyperbeläste untereinander, einer von dem andern getrennt durch eine der Absorptionsbanden der betreffenden Lösung.

Mit Hilfe dieses Experimentierprinzips, hier des „experimentum crucis“ im wahrsten Sinne des Worts, wie es W. v. Bezold geistreich nennt, stellte Kundt eine Reihe der bedeutsamsten Gesetzmässigkeiten fest. Als wichtigstes, allgemein gültiges Gesetz spricht er schliesslich auf Grund seines reichen Beobachtungsmateriales, sowie seiner theoretischen Anschauungen aus, dass alle absorbierenden Substanzen, ohne Beschränkung auf das Gebiet der optisch wahrnehmbaren Strahlen, rechts und links von ihren Absorptionsstreifen mehr oder weniger ausgeprägte Dispersionsanomalien im Sinne der von ihm nachgewiesenen besitzen. Dieses, später von Sellmeyer, Helmholtz und anderen auch deduktiv abgeleitete Resultat bestätigte er bald noch für ein von ihm dargestelltes Kobaltglas, sowie für den glühenden Natriumdampf.

Mehr und mehr hatten sich so mit den entdeckten Thatsachen seine theoretischen Anschauungen geklärt. Die schöne Abhandlung im Jubelband von Poggendorff's Annalen „Über einige Beziehungen zwischen Dispersion und Absorption des Lich-

tes“, in welcher er die letzteren niedergelegt hat, enthält durch ihre Schlussfolgerungen zugleich die theoretische Disposition zu einigen der nächsten Arbeiten. Es folgt z. B. aus seinen Anschauungen, dass der Dichroismus, jene Erscheinung, dass manche doppelbrechende Substanzen verschiedene Färbung des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles zeigen, eine allgemeine, höchstens quantitativ schwankende Eigenschaft doppelbrechender Substanzen sein müsse. In der That findet er dementsprechend, dass Cautschouc und Guttapercha dichroitisch werden, sowie man sie durch Dehnung doppelbrechend macht. Das wichtigste Resultat aber, welches er aus seinen theoretischen Anschauungen folgert und durch das Experiment bestätigt, ist das unter dem Namen der Kundt'schen Regel bekannte Gesetz. Nach ihm erscheint der Absorptionsstreifen einer gelösten Substanz um so weiter nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben, je grösser der Brechungsexponent oder die Dispersion des Lösungsmittels ist.

Vorübergehend sehen wir ihn dann die Optik wieder verlassen. Wie denn überhaupt auch jetzt sein vielgeschäftiger Geist zugleich auf den verschiedensten Gebieten gesegnete Ernten einbringt. Mit Warburg zusammen hat er in dieser Zeit die kinetische Gastheorie zu fruchtbaren Versuchen „Über Reibung und Wärmeleitung der Gase“ ausgebeutet. In diese Periode fällt auch die oben bei der akustischen Reihe besprochene Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen des Quecksilberdampfes. — Jetzt giebt er höchst sinnreiche Apparate an zur Demonstration der Reibung in einem sehr verdünnten Gase und zur Demonstration des verschiedenen Wärmeleitungsvermögens der Gase. Dann untersucht er den Einfluss des Druckes auf die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten. Mit seinem ganzen Geschick geht er, an der Hand der Anschauungen Maxwell's über die Konstitution zähflüssiger Körper, an die Untersuchung der in solchen bewegten reibenden Flüssigkeiten auftretenden Doppelbrechung. Die Doppelbrechung beschäftigt ihn dann überhaupt einmal längere Zeit, wie es scheint wieder im Anschluss an seine theoretischen Vorstellungen vom Mechanismus der optischen Erscheinungen, und führt ihn unter anderem zu krystalloptischen und krystallographischen Untersuchungen. So studiert er das interessante Verhalten des Quarzes im elektrischen Felde, lehrt die Töpler'sche Schlierenmethode zum Nachweis von Verwachsungen im Quarz verwenden

und findet eine jetzt sehr viel verwertete Methode zur Untersuchung der sogenannten Thermo-, Aktino- und Piëzoelektrizität der Krystalle. Unter dem Einfluss von Wärme- und Lichtstrahlen, sowie durch starke Pressungen treten bei einigen Krystallen elektrische Ladungen auf. Um die entstehenden elektrischen Verteilungen bei diesen Vorgängen sichtbar zu machen, lehrte Kundt solche elektrisierten Krystalle durch ein engmaschiges Baumwollnetz hindurch mit dem von den Lichtenberg'schen Figuren her bekannten Gemisch von Mennige und Schwefelpulver zu bestreuen. Indem sich die Pulverteilchen an der Baumwolle reiben, werden die Mennigeteilchen positiv elektrisch und haften nur an den negativ geladenen Krystallflächen. Die Schwefelteilchen verhalten sich in elektrischer Hinsicht entgegengesetzt und haften nur an den positiven Flächen. Positiv und negativ geladene Stellen werden so ohne Weiteres durch die gelbe und rote Farbe des haftenden Pulvers unterschieden.

Unterdessen hatte er die Vorbereitungen beendet, welche seinen theoretischen Gedankengang in direkter Linie weiterführen sollten. Nur dem experimentellen Wagemut eines Kundt konnte es verlockend und möglich erscheinen, die anomale Dispersion an den Metallen durch direkte prismatische Zerlegung nachzuweisen und so auch ihre theoretisch äusserst interessanten Brechungsindices einwandfrei zu bestimmen. Dieser Gedanke führte ihn zu dem Bedürfnis, feine keilförmige, dabei hinlänglich durchsichtige Metallschichten auf Glas niederzuschlagen, wie er sie zu solchen Messungen bedurfte. Welche Ausdauer und geradezu staunenswerte Geduld er bei seinen Arbeiten anwandte, das mag hier an einem Beispiel erläutert werden. Mehr als 2000 Metallspiegel fertigte er an, bis er das, was er wollte, erreichte. So gelang das grosse Werk in der That. Ja, er bestimmte nicht nur die Brechungsindices und die Grössenordnung der Dispersion der Metalle an sich, sondern er bestimmte sogar die Änderung derselben, also die Änderung der Lichtgeschwindigkeit in den Metallen mit der Temperatur. Er entdeckte durch diese Versuche einen höchst interessanten Parallelismus dieser Lichtgeschwindigkeiten der Metalle mit ihrem Wärme- und Elektrizitätsleitungsvermögen.

Für die Folge wird, neben seinen auch hier überall wieder zu erkennenden theoretischen Überzeugungen, diese soeben erworbene Fertigkeit in der Herstellung von feinen Metallnieder-

schlagen das äussere Band, welches seine letzten Arbeiten verbindet. Er findet so im Anschluss an die Kerr'schen Entdeckungen die elektromagnetische Drehung der Polarisationssebene in Eisen, Kobalt und Nickel; weist in Metallschichten, welche er sehr geschickt durch Zerstäuben einer Kathode herzustellen weiss, Doppelbrechung nach, ohne freilich eine befriedigende Erklärung finden zu können. Noch eine grosse That bleibt zu erwähnen, welche er in Gemeinschaft mit Röntgen vollbrachte: er fand, woran sich eines Faraday unwiderstehliches Experimentiergeschick freilich mit unvollkommeneren Mitteln vergebens gemüht hatte, die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Gasen.

Seine letzte Arbeit behandelt das Hall'sche Phänomen in Eisen, Kobalt und Nickel.

Meine Herren! Nur in grossen Umrissen habe ich es versuchen können, Ihnen die Übersicht zu geben über die schier unerschöpfliche Fülle von eigenartigen, fruchtbringenden Gedanken, welche diesem bewunderungswürdigen Lebenswerk zu Grunde liegen.

Man ist versucht zu glauben, dass ein Mann, der soviel vollendete, ein abgeschlossenes, nur seiner Wissenschaft gewidmetes Leben habe führen können. In Wirklichkeit konnte man keinen lebensfrischeren, lebensfroheren Menschen finden, als es Kundt gewesen ist. Nicht nur, dass er Zeit fand, in ausgiebigster Weise, mit der ihm in allen Dingen eigenen Sorgfalt und Gründlichkeit den repräsentativen Pflichten seines Berufs nachzukommen; — er bekleidete z. B. im Jahre 1877/78 das Rektorat der Strassburger Universität, ohne dass es seine Produktivität irgend beeinflusste; — nicht nur, dass er allen Fragen der Kunst und des Lebens das regste Interesse, wie das geübteste Verständnis entgegenbrachte; auch für des Lebens heitere Seite, für gesellige Freuden hatte er ein gar bereitwilliges lebenswürdiges Verständnis. Er war eine von den Naturen, wie Goethe und Bismarck, bei denen man immer wieder zu fragen gezwungen wird, woher ihnen die Kraft und die Zeit kam, so ganz im Leben zu stehen und zugleich so unendliche Fülle gewichtiger Arbeit zu schaffen. Das gilt wenigstens für

seine Strassburger Zeit. Denn als er im Jahre 1888 an Helmholtz' Stelle die Leitung des Berliner Institutes übernahm, und sich ihm dadurch die Pflichten des Amtes und des Lebens ins Ungemessene steigerten, da wurde es auch seiner unverwüsthlich geglaubten Kraft zu viel. Nicht dass man ihn jemals müde gesehen hätte. Eher ging er zu Grunde, als dass er eine Pflicht versäumte oder auch nur leichter nahm. Aber das Herzleiden, welches er seit seiner Studienzeit ohne besondere Beschwerde mit sich herumgetragen hatte, steigerte sich jetzt mehr und mehr. Im Wintersemester 1893/94 fiel der bisher so jugendfrische Mann erschrecklich zusammen. Mit äusserster Anstrengung versah er die Pflichten seines Amtes, die durch das Dekanat, welches er bekleidete, noch gesteigert auf ihm lagen, bis zum Schluss des Semesters. Der Urlaub, den er endlich auf Drängen seiner Angehörigen und Freunde nahm, schien ihm auf seinem Landsitz Israelsdorf bei Lübeck die alte Kraft wiederzugeben. Schon ging die Kunde seiner Genesung durchs Land; da schloss ihm am 21. Mai 1894 im Alter von erst 56 Jahren eine Herzlähmung für immer die Augen.

Was mit ihm starb an wissenschaftlicher Bedeutung, das habe ich Ihnen oben zu zeigen versucht. Und doch ist diese Seite der Thätigkeit des seltenen Mannes vielleicht die kleinste im Vergleich zu dem, was er als Lehrer gewirkt und gesät hat. Als er im Jahre 1893 das 25jährige Docentenjubiläum beging, da sandten an hundert seiner Schüler, darunter schon heute solche mit grossem Namen, eine ganze Generation von Physikern, die ihm als ihren Lehrer verehrt, aus aller Herren Ländern ihren begeisterten, glückwünschenden Gruss. Nicht lange darauf, da standen sie trauernd an seinem Grabe.

Die beispiellose Befähigung zu dem hohen Amte eines anregenden, begeisternden Lehrers beruhte bei Kundt einmal auf der Klarheit seines wissenschaftlichen Empfindens, lag aber dann vor allem in seinem persönlichen Wesen aufs Tiefste begründet. In wissenschaftlicher Hinsicht war ihm lebendige Anschaulichkeit der Naturvorgänge und ihrer Erklärungen innerlichstes Bedürfnis. Darum war er auch in seinen Lehren stets so anschaulich und verständlich. Theoretiker in dem modernen, mathematisch abstrakten Sinne war Kundt wohl nicht in hervorragender Weise. Er war es um so mehr in dem Geiste Faraday's, im Sinne fein-

fühlig intuitiver Erkenntnis der Erscheinungen. Unübertroffen ist seine Fähigkeit, schwierige mathematische Theorien zu percipieren und in Anschauung und Wirklichkeit zu übertragen. Wie seine geschickte Hand ihm dabei half, das trug nicht wenig auch zu seinem Ruf als Lehrer bei. Denn hier ist er von den Klassikern der exakten Forschung einer der allerersten, und seine Arbeiten und Versuche sind eine vollendete Ästhetik des Experimentes.

Vor allem aber — und das war für seine Lehrerfolge wohl das Bestimmendste — war Kundt eine ausgeprägte Persönlichkeit durch und durch, frei und harmonisch aus sich heraus entwickelt und darum wie einer feinfühlig begabt, in seinen Schülern die Eigenart zu verstehen und zur vollen Entfaltung zu wecken. Diese seine frische, markige Persönlichkeit wirft er in die Wagschale, wo er anpackt und wo er Interesse gefasst hat. Darum ist durch Dick und Dünn seiner gewiss, wem er einmal seine Neigung zugewendet hat. Darum auch sind seine Arbeiten so ganz und gar aus einem Guss, herausgeboren aus der Kraft echter Begeisterung für die Sache.

Nur wer selbst begeistert denkt und lebt, vermag andre zu begeistern. Also begeistert hingen seine Schüler gefesselt an seinen beredten Lippen, wenn er sie mit der ihm eignen Kraft und Klarheit in die Lehren seiner Wissenschaft einführte. Und so drängten sie sich begeistert, ihn zu schauen, wie er mit seiner unfehlbaren Hand im Experiment die Natur zu reden zwang. Wenn er so mit ihnen, als einer von ihnen sass im ernstesten Zwiegespräch, so war jedes Wort, welches er sprach, ein Evangelium, das man sich aufbewahrte zur Wegzehrung ins Leben hinaus. Nicht in wissenschaftlichen Fragen allein war er ihr treuer Helfer. Auch als Freund und väterlicher Berater hatte er für jeden in allen Dingen das rechte Wort. Weil er es so trefflich verstand, mit den jungen Leuten menschlich, auch in ihren Schwächen zu empfinden und jedes einzelnen Eigenart zu beachten, darum hatte ein jeder zu ihm das unbedingtste Vertrauen, ob er auch mit rückhaltloser Offenheit seine Meinung aussprach.

Überhaupt waren Wahrhaftigkeit bis zur rücksichtslosen, festen Meinungsäusserung über jedermann und vor jedermann, und dementsprechend freies, offenes Ausspielen seines inneren Menschen, die Grundpfeiler dieses Charakters. Frisch und frei in seinem

Lieben, wie in seinem Hassen, so gab er und warb er keine Gunst, wohin ihn nicht aufrichtiger Herzenswunsch und Neigung trugen. Aber darum hatte er doch überall gerade die Besten zu echten, treuen Freunden. Denn er war ja selbst der Besten und Edelsten einer, die je gelebt.

Seinem Gedächtnis die Ehre!
