

**Kgl. Bayer. Akademie
der Wissenschaften**

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXV. Jahrgang 1905.

München

Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften

1906.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Behörden, für welche er in trefflichen Gutachten den richtigen Rat zu erteilen wußte.

Knapp war ein vorzüglicher Lehrer von äußerst lebendigem Vortrag, der sich in das Fassungsvermögen seiner Schüler hineindenken konnte. Er war eine eigenartige Persönlichkeit von lebhaftem Geist, jedoch zurückhaltend und Unbekannten schwer zugänglich; niemals hat er sich vorgeedrängt und persönlicher Ehrgeiz war ihm fremd. Als Höchstes galt ihm die stille, wissenschaftliche Arbeit, bei der er sehr kritisch gegen sich selbst verfuhr, jedoch an seinen einmal gefaßten Ansichten zäh festhielt. Er besaß einen feinen Humor und ein vielseitiges Interesse für die verschiedenen menschlichen Bestrebungen: für Geschichte, Philosophie und die schöne Literatur.

III.

Ernst Abbe.¹⁾

In Jena ist am 14. Januar 1905 der verdiente Physiker und Leiter der berühmten optischen Werkstätte von Karl Zeiß, der ordentliche Honorarprofessor für theoretische Physik an der Universität, Dr. phil. und Dr. med. Ernst Abbe, in fast vollendetem 65. Lebensjahre gestorben. Er gehörte seit dem Jahre 1889 unserer Akademie an. Durch seine wissenschaftlichen Arbeiten förderte er die theoretische Optik und indem er seine dadurch gewonnenen Erkenntnisse praktisch anwendete, gelang es ihm, die Mikroskope bedeutend zu verbessern, und dieselben in großem, fabrikmäßigem Betriebe herzustellen, wie

¹⁾ Mit Benützung von:

Seb. Finsterwalder, Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1905, 18. April Nr. 91.

Julius Pierstorff, Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1905, 19. April Nr. 92 und 20. April Nr. 93.

E. Raehlmann, Münchener mediz. Wochenschrift 1905, Nr. 6, S. 269.

Fritz Böckel, die Karl Zeiß-Stiftung in Jena; Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1903, 13. August Nr. 182.

Otto Knopf, Vierteljahrschrift der Astronomischen Gesellschaft 1905, 40. Jahrgang S. 198.

es bis dahin mit wissenschaftlichen Apparaten noch nicht geschehen war.

Abbe wurde am 23. Januar 1840 in Eisenach als der Sohn eines Spinnmeisters geboren; er wuchs in einfachen Verhältnissen auf und lernte in einer entbehrungsvollen Jugend die Not des Lebens kennen, woher es auch kommen mag, daß er für die um ihr Dasein schwer ringenden Arbeiter ein warmes Herz besaß und später in so großartiger Weise für sie zu sorgen suchte.

Schon früh erkannte man sein ungewöhnliches Talent und seinen scharfen Geist; er absolvierte das Eisenacher Realgymnasium mit Auszeichnung und studierte danach von 1857 ab während vier Jahren an den Universitäten Jena und Göttingen Mathematik, Physik und Astronomie; in Jena, wo er im dritten Semester eine Preisaufgabe „vom adiabatischen Zustand der Gase“ löste, regte ihn besonders der Mathematiker Karl Snell an, in Göttingen, wo er zum Doktor der Philosophie mit einer Dissertation über das mechanische Wärmeäquivalent promoviert wurde, waren der Physiker Wilhelm Weber und der geistvolle junge Mathematiker Bernhard Riemann seine Lehrer. Nachdem er Assistent an der Sternwarte in Göttingen und Dozent am physikalischen Vereine in Frankfurt a. M. gewesen, habilitierte er sich auf Anraten seines Lehrers Snell und des Universitätskurators Seebach (1863) in Jena für Mathematik, Physik und Astronomie, und wurde daselbst (1870) außerordentlicher Professor der theoretischen Physik.

Abbe war, unterstützt durch seinen Scharfsinn und seine Beobachtungsgabe sowie durch seine Kenntnisse und seine zähe Ausdauer, ganz zum Forscher ausgerüstet; er hat auch mannigfache bedeutsame Probleme der Physik gelöst. Aber diese rein wissenschaftlichen Leistungen geben ihm nicht sein Eigenständliches; denn er betrat bald seinen eigenen Weg, da ihn die intensive Beschäftigung mit einem besonderen Grenzgebiete der Mathematik und Physik und dann die praktische Anwendung auf demselben fesselte.

Obwohl er von da an seine Tätigkeit ganz in den Dienst

der Technik stellte, blieb er doch sein Leben lang Forscher und Gelehrter. So kam es, daß, als er (1874) ordentlicher Professor der Physik werden sollte, er das Anerbieten ablehnte, um ganz seiner Neigung, der Verbindung mit dem Mechaniker Karl Zeiß, zu leben. Später (1878) erhielt er wegen seiner Verdienste um die Wissenschaft die Würde eines ordentlichen Honorarprofessors sowie das Direktorium der Sternwarte und des meteorologischen Observatoriums. Er hielt als solcher Vorlesungen aus den verschiedensten Gebieten der Mathematik und Physik, ließ sich aber 1889 wegen Überhäufung mit anderen Geschäften von der Verpflichtung Vorlesungen zu halten entbinden.

Es war ein glückliches Geschick, daß Abbe als Privatdozent (1866) mit dem geschickten und strebsamen Universitätsmechaniker Karl Zeiß in Jena bekannt geworden war. In dessen im Jahre 1845 errichteten feinmechanischen Werkstätte wurden, angeregt durch den Botaniker Matthias Jakob Schleiden, der kurz vorher die Zellen als Elementarorganismen der Pflanzen entdeckt hatte, auch Mikroskope hergestellt, die zu den besten der damaligen Zeit gehörten.

Die Herstellung der Mikroskope geschah bis dahin fast nur durch handwerksmäßiges Aussuchen der im Vorrat vorhandenen Linsen, welche den besten Effekt gaben; die Erhaltung guter Instrumente war daher damals dem Zufall unterworfen und gründete sich nicht auf wissenschaftliche Einsicht; so trieb es noch der bekannte Oberhäuser aus Ansbach in Paris, der zu seiner Zeit fast allein den Bedarf an Mikroskopen in Deutschland deckte. Zeiß sah ein, daß auf diese Weise kein Fortschritt zu erzielen sei und daß nur die theoretische Bekanntschaft mit dem Gang der Lichtstrahlen im Mikroskop zur Verbesserung und Vervollkommnung führen könne, wie sie Fraunhofer für das Fernrohr gewonnen hatte. Er bat daher (1866) den Privatdozenten Abbe, ihm dabei zu helfen und so verbanden sich dazu die beiden, der gelehrte Theoretiker und der geschickte Praktiker. Fraunhofer benützte zum Zustandebringen eines scharfen Bildes durch sein achromatisches Fern-

rohr die trigonometrische Durchrechnung und hatte für dieses Instrument bis jetzt Unübertroffenes geleistet. Diese grundlegenden Erkenntnisse waren auf die Bedingungen des Mikroskopes zu übertragen.

Zunächst schuf Abbe durch seine Erfindungsgabe und seine konstruktive Geschicklichkeit neue Meßapparate und Methoden zur feineren Bestimmung der optischen Konstanten fester und flüssiger Körper; insbesondere diente ihm dazu sein Refraktometer.

Er suchte sodann für das Mikroskop, wie schon Fraunhofer und seine Nachfolger für das Fernrohr und für andere optische Instrumente, durch Rechnung diejenigen Linsen zu finden, welche das schärfste Bild geben und stellte danach die Formen und Kombinationen genau her; er wandte ebenfalls zur Verfolgung des Ganges der Lichtstrahlen die trigonometrische Rechnung an. Nach den Gesetzen der geometrischen Optik sollte das Bild um so schärfer werden, je enger die Öffnung des Strahlenkegels ist, während die alte tastende Mikroskopenoptik die Erfahrung gemacht hatte, daß starke Vergrößerungen sich nur mit sehr weitgeöffneten Lichtbüscheln erzielen lassen. Abbe legte in einem ausgezeichneten Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate in London (1876) dar, daß zur größten Leistungsfähigkeit das Objektiv des Mikroskopes möglichst weitgeöffnete Strahlenbüschel aufzunehmen imstande sein muß.

Aber alle seine Bemühungen auf diesem Wege förderten wohl die Theorie des Mikroskopes, sie waren jedoch nicht imstande, das Instrument wesentlich zu verbessern, denn es zeigte sich (1873) durch seine scharfsinnigen Betrachtungen über die Grenzen der geometrischen Optik, daß die Vervollkommnung des Mikroskopes in dieser Richtung eine bestimmte Grenze habe, ja daß die Leistungen der tastenden Optik von dieser Grenze gar nicht mehr weit entfernt waren. Die Grenze ist nämlich durch die Entfernung zweier Punkte, die wir getrennt wahrnehmen können, gesteckt; wir sehen sie nicht getrennt, wenn sie innerhalb einer Wellenlänge fallen.

Abbe ließ sich jedoch dadurch nicht abschrecken, an der

Vervollkommnung des Mikroskopes weiter zu arbeiten, und es sollte ihm dies auch in ungeahntem Grade gelingen. Sein Nachdenken brachte ihm eine tiefere Einsicht in das Wesen des mikroskopischen Sehens; er erkannte, daß das Licht nicht von den einzelnen Punkten des Objektes ausgeht, also mit dem Mikroskop das Objekt nicht direkt angesehen wird, sondern das Beugungsbild des Objektes, welches durch die Ablenkung oder Beugung des Lichtes an den feinen Einzelheiten des Objektes entsteht. Das Bild ist dem Objekt um so ähnlicher je mehr Beugungsbüschel an dem Zustandekommen des Bildes beteiligt sind, daher die Mikroskope um so mehr leisten je größer der Öffnungswinkel ist. Das Beugungsbild ist also nicht immer identisch mit dem Objekt; wenn die Länge der Lichtwellen verschwindend klein ist gegenüber den Einzelheiten des Objektes, ist das Bild ähnlich; sind aber die Einzelheiten des Objektes feiner und die Lichtwellenlängen dagegen verhältnismäßig größer, dann entsteht hinter dem Objekt ein Gewirre von nach allen Seiten auseinandergehenden Lichtstrahlen und das Bild wird verschwommen, da die Beugungsbüschel um so mehr divergieren, je feiner die Einzelheiten des Objektes sind. Bei schiefer Beleuchtung können stärker divergierende Büschel ins Objektiv treten, weshalb bei schiefer Beleuchtung das Auflösungsvermögen des Mikroskops gesteigert ist. Vermag das Mikroskop diese Lichtstrahlen vollständig zu sammeln, so erscheint die Beugungsfigur richtig oder nur wenig von der wahren Gestalt abweichend; werden durch das Mikroskopobjektiv nicht alle gebeugten Strahlen aufgenommen, so sieht man nur einen Rest der Beugungsfigur des Objektes, deren Gestalt von der des Objektes beliebig weit abweichen kann, so daß wir den schlimmsten Täuschungen ausgesetzt sind, ohne daß das Bild unscharf ist.

Diese Erkenntnisse führten ihn zu richtigen Vorstellungen über das Entstehen des mikroskopischen Bildes und dann auch zu neuen Gesichtspunkten für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Mikroskopes; zunächst zu der Verbesserung der Beleuchtungsapparate, vor allem zur Konstruktion seines Kon-

densors (1875), durch welchen die vom Spiegel reflektierten Lichtstrahlen so zum Objekt gelangen, daß die genannten Fehler auf das geringste Maß vermindert werden.

Ein weiterer Fortschritt seiner Mikroskope ist die Verbesserung der homogenen Immersion. Der italienische Optiker und Astronom Amici hatte zuerst (1840) die gute Wirkung der Immersion der Frontlinse des Objectives in einem auf dem Deckglas angebrachten Wassertropfen entdeckt und Harnack (1855) sie zur allgemeinen Verwendung empfohlen; Amici gebrauchte später (1850) für gewisse Fälle Öl, Grundlach (1867) Glycerin. Abbe fand nun, daß die vorher besprochenen großen Öffnungen eine bestimmte Grenze haben und zwar für den Fall, daß das Objekt durch Luft gesehen wird; befindet sich dagegen zwischen Objekt und Objectiv eine Flüssigkeit, so steigert sich die Wirksamkeit der eintretenden Strahlenbüschel im Verhältnis des Lichtbrechungsvermögens der verwendeten Flüssigkeit. Abbe führte mit Stephenson als homogene Immersion (1878) das Zedernöl ein, welches das gleiche Lichtbrechungsvermögen hat wie das Deckglas und die Frontlinse des Objectives, so daß die Lichtstrahlen vom Objekt bis zum Objectiv homogene Medien durchsetzen. Amici und Harnack haben zwar schon den Grund der Wirksamkeit der Immersionslinsen gekannt, Abbe hat aber das Verdienst, ihn klarer dargestellt zu haben.

Bei seinen Bestrebungen, die Farbenabweichung, namentlich das sekundäre Spektrum, um welches sich schon Fraunhofer und seine Nachfolger bemühten, zu beseitigen, ergaben sich Schwierigkeiten, die in der unproportionalen Lichtzerstreuung der damals bekannten und angewandten Gläser begründet waren. Fraunhofer hatte in Benediktbeuern eine Glashütte für seine Zwecke errichtet; er kam auch in der Herstellung des Glases soweit, als es für seine Fernrohrobjektive nötig war, wobei es sich nur um wenige Sorten möglichst großer schlierenfreier Stücke handelte. Nach seinem Tode wurde leider das bayerische Glaswerk aufgegeben und mußte nach dem Verfahren Fraunhofers in Frankreich und England bereitetes optisches Glas bezogen werden.

Abbe erkannte wie schon die früheren Optiker, daß ein bedeutender Fortschritt zur Vervollkommnung der optischen Instrumente nur durch Verbesserung der optischen Eigenschaften der Glasflüsse erreicht werden könne und daß man über solche mit dem verschiedenartigsten Lichtbrechungs- und Zerstreuungsvermögen verfügen müsse, wenn man jene Fehler bezwingen wollte; aber die Technik war noch nicht so weit, die erwünschten Glassorten zu bieten: Die Chemie mußte vorerst neue reine Materialien liefern sowie die Analyse der Gläser vervollkommen, und die Feuertechnik, insbesondere die Gasfeuerung, mußte sich weiter entwickelt haben, um die nötigen hohen Temperaturen zu liefern. Die Hoffnung Abbes war lange vergeblich, bis sich 1881 der kenntnisreiche und energische Chemiker Dr. Otto Schott erbot, Versuche über die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften des Glases von seiner chemischen Zusammensetzung anzustellen; nach den zur Befriedigung ausgefallenen Vorarbeiten wurden die Versuche in großem Maßstabe mit Unterstützung des K. Preußischen Unterrichts-Ministeriums gemacht, welche glänzende Resultate lieferten. Dies war ein großes Glück für Abbe und Zeiß, denn sie erhielten aus dem glastechnischen Laboratorium von Schott die optisch vollkommensten, unter Verwendung einer viel größeren Anzahl chemischer Bestandteile wie bisher, insbesondere durch Anwendung von Phosphorsäure und der Borsäure neben der Kieselsäure hergestellten Gläser in mannigfaltiger Art und dadurch die früher nicht gebotene Möglichkeit, die Fehler der Farbenabweichung der neuen Mikroskop-Objektive der 10linsigen Achromate mit den Kompensationsokularen (1886) fast ganz aufzuheben. Mit dem neuen Glasmaterial, dem sich Linsenkombinationen aus dem seltenen Flußspat von sehr geringer Lichtzerstreuung anreichten, lieferte Abbe ein Mikroskop mit einem in allen Teilen des Gesichtsfeldes scharfen Bild, ohne Farbenfehler und optisch von einer bis dahin unerreichten Richtigkeit der Abbildung. Die neuen Gläser haben auch in anderen Zweigen der Optik, bei Herstellung von photographischen Linsen und Fernrohrobjektiven, fruchtbar

gewirkt. Es wurden Gläser hergestellt, die nur Strahlen von gewisser Wellenlänge durchlassen, ferner Thermometerglas ohne Depression des Nullpunktes und Geräteglas mit geringeren Ausdehnungskoeffizienten, welches plötzliche Erwärmung und Abkühlung erträgt.

Zu erwähnen ist noch die weit bekannte und viel angewendete Abbe-Zeißsche Zählkammer, ein sinnreiches Instrument mit dem in kurzer Zeit die Zahl der Blutkörperchen in einem gewissen Volumen Blut erhalten werden kann.

Durch alle diese Neuerungen war es gelungen, das Mikroskop in seinen Leistungen in hohem Grade zu verbessern und Dinge damit sichtbar zu machen, die man früher nicht zu erkennen vermochte. Der Nutzen für die Wissenschaft blieb auch nicht aus. Die heutige Entwicklung der Lehre von den feinsten normalen und pathologischen Formen der tierischen und pflanzlichen Organismen wäre ohne Abbes Mitarbeit nicht möglich gewesen. Vor allem ist dadurch die Erforschung der niedersten kleinsten Lebewesen, der Bakterien, welche dem Menschengeschlechte verheerende Erkrankungen bringen, gefördert worden und es wird auf Grund solcher Beobachtungen sich auch die Hilfe gegen diese schlimmen Feinde anbahnen. Robert Koch, der durch die Entdeckung des Tuberkelbazillus den Grund zur jetzigen Bakteriologie legte, erkannte es an, daß er ohne die Abbeschen Immersionsmikroskope diese zarten Gebilde nicht gesehen hätte.

Größer wie als Forscher und die Wissenschaft anwendender Gelehrter ist Abbe als gewaltiger Organisator und Sozialpolitiker. Mit einem einzigartigem Geschick und einer unerreichten Tatkraft, ohne Rücksicht nur sein Ziel verfolgend, wußte er seine Werkstätte auszudehnen und zu der größten Fabrik der Art auf der Erde, zu einer Großindustrie, zu erheben. Man könnte allerdings in Zweifel sein, ob ein solcher gesteigerter Betrieb für den Fortschritt in wissenschaftlichen Dingen das günstigste sei, oder doch so wie die Ansammlung von Kapitalien in einer Hand oder die großen Geschäftshäuser in sozialen Leben gewisse Nachteile mit sich bringt. Als

Abbe (1875) als stiller Teilhaber in das Geschäft von Karl Zeiß eintrat, waren 25 Arbeiter in demselben beschäftigt; nach dem Tode von Karl Zeiß und dem Ausscheiden von dessen Sohn (1888) war Abbe der alleinige Inhaber und Leiter der Fabrik bis 1891, wo sie über 2000 Arbeiter und 160 Angestellte zählte. Für diese sorgte er in wahrhaft väterlicher Weise und man kann sagen, daß er mit seinen Einrichtungen einen Teil der sozialen Probleme löste. Abbe hatte schon früher (1889) die Karl Zeiß-Stiftung gegründet, in welche nun die ganze Werkstätte aufgenommen wurde; dieser Stiftung überließ er (1891) den größten Teil seines Vermögens und trat ihr sein Eigentumsrecht vollständig ab, indem er nur einfaches Verwaltungsmitglied derselben blieb. Diese Karl Zeiß-Stiftung mit ihrer tiefdurchdachten, von ihm geschaffenen Verfassung und sozialen Organisation war wohl das bedeutsamste Werk und die größte Tat seines Lebens. Es war darin für die materielle Lage der Arbeiter in freigebigster Weise gesorgt; sie beziehen zumeist Stücklohn und können nach einigen Jahren sich jährlich auf 1800 Mark stehen, erprobte Arbeiter bis zu 3000 Mark; die Arbeiter und Beamten sind, mit Ausnahme der Verwaltungsmitglieder, am Gewinn beteiligt nach Abzug der statutenmäßig stattfindenden Zuwendungen an die Universität. Bei achtstündiger Arbeitszeit ist Urlaub mit Lohnfortzahlung und Pensionsberechtigung vorgesehen. Die Stiftung verfügt für die Fabrik über eine Pensionskasse, eine Spar- und Krankenkasse, eine Fortbildungsschule, über Freitische für jugendliche Arbeiter und anderes.

Durch besondere eigenartige Anordnungen suchte er seine Ideen und sein Werk für alle Zukunft sicher zu stellen, indem er das Unternehmen aus einem persönlichen in ein unpersönliches verwandelte. Es ist zu wünschen, daß sich die immerhin sehr komplizierten Einrichtungen auch unter den Bedingungen veränderter Zeitverhältnisse erhalten lassen.

Ganz besonders segensreich wirkt das von der Stiftung mit einem Kostenaufwand von einer Million Mark errichtete Volkshaus, nach seinem Tode Ernst Abbe-Haus genannt, welches

allen Schichten der Bevölkerung zugänglich ist und eine reich ausgestattete, öffentliche Lesehalle, eine wertvolle Bibliothek, eine Gewerbeschule, Säle für Unterhaltungen und Versammlungen, einen großen Saal für Konzerte und Vorträge, und eine Kunstaussstellung enthält.

Großartig sind ferner seine einmaligen Zuwendungen, namentlich für die Universität Jena zur Förderung der Naturwissenschaften, zum Neubau des Universitätsgebäudes und von Instituten der Universität; sie betragen über zwei Millionen Mark. Außerdem werden aus der Karl Zeiß-Stiftung jährlich beträchtliche Summen für die Erhaltung und den Betrieb der Institute, zur Besoldung von außerordentlichen Professoren etc. unter der Bedingung einer absoluten Lehrfreiheit gewährt. Dadurch ist die Karl Zeiß-Stiftung neben den thüringischen Staaten die Erhalterin der Universität Jena; sie ermöglichte Jena zur Konkurrenz mit den anderen größeren Universitäten.

So suchte Abbe Bildung und Kenntnisse zu verbreiten als das Hilfsmittel für den Fortschritt der Menschheit und ihr Wohlergehen. Er ging dabei von der Ansicht aus, daß der einzelne Mensch die Früchte der Leistungen, welche er, von der Kultur der Gesamtheit getragen, erwirbt, nicht für sich allein beanspruchen darf, sondern die Gesamtheit daran Anteil nehmen lassen muß.

In seltener Uneigennützigkeit und Aufopferungsfähigkeit hatte er sich seines großen Reichtums entäußert, um seine Ideen zu verwirklichen.

Er selbst blieb trotz des um ihn verbreiteten Reichtums und trotz hoher Ehren der schlichte Gelehrte von größter Einfachheit in seiner Lebensweise; er hatte kein anderes Bestreben, als durch unablässige Tätigkeit in ungestümem Schaffensdrang zu nützen. Durch geistige Überanstrengung hatte er sich ein schweres Nervenleiden zugezogen, das seine letzten Lebensjahre trübte und den an geistige Arbeit Gewohnten zwang, derselben zu entsagen.
