

**Ernst Abbe.**

**Contributors**

Rohr, M. von 1868-1940.

**Publication/Creation**

Jena : G. Fischer, 1940.

**Persistent URL**

<https://wellcomecollection.org/works/nwb3w834>

**License and attribution**

Conditions of use: it is possible this item is protected by copyright and/or related rights. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. For other uses you need to obtain permission from the rights-holder(s).



Wellcome Collection  
183 Euston Road  
London NW1 2BE UK  
T +44 (0)20 7611 8722  
E [library@wellcomecollection.org](mailto:library@wellcomecollection.org)  
<https://wellcomecollection.org>




BZP (Abbe)

X 74812



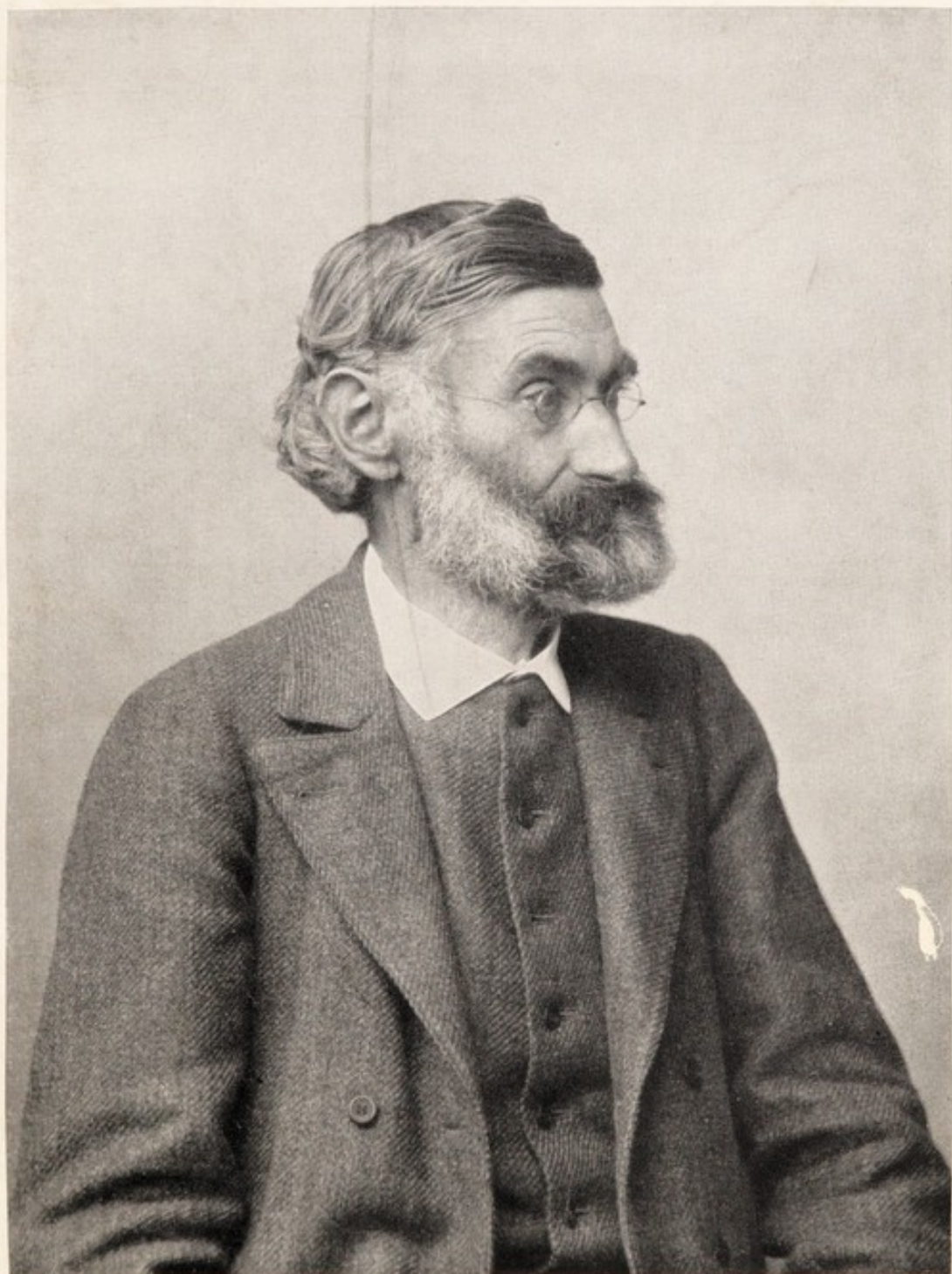
22101156574





Digitized by the Internet Archive  
in 2018 with funding from  
Wellcome Library

<https://archive.org/details/b29979481>



Ernst Abbe  
wohl im 53. Lebensjahre.







ZEITSCHRIFT DES VEREINS  
FÜR  
THÜRINGISCHE GESCHICHTE  
UND  
ALBERTUMSKUNDE

IN VERBINDUNG MIT WILLY FLACH UND GÜNTHER FRANZ  
HERAUSGEGEBEN VON  
GEORG MENTZ

NEUE FOLGE / EINUNDZWANZIGSTES BEIHEFT

BEITRÄGE  
ZUR GESCHICHTE DER UNIVERSITÄT JENA

HEFT 8:

ERNST ABBE

VON

PROF. DR. MORITZ VON ROHR

MIT 29 ABBILDUNGEN IM TEXT  
1 TITELBILD UND 16 TAFELN



JENA  
VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1940

# ERNST ABBE

---

VON

PROF. DR. MORITZ VON ROHR

MIT 29 ABBILDUNGEN IM TEXT  
1 TITELBILD UND 16 TAFELN



JENA  
VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1940

---

BZP (ABBE)

95687

---

Alle Rechte vorbehalten  
Printed in Germany

---



## Vorwort.

Die auf den nachstehenden Seiten vertretenen Ansichten sind sehr allmählich entwickelt worden. Den ersten Anstoß gab um den Ausgang des Jahres 1926 Max Fischer †, der den Wunsch hatte, eine zuverlässige Geschichte der Jenaer Werkstätte geschrieben zu sehen.

Es traf sich glücklich, daß in den ersten Monaten von 1927 Friedrich Körners Geschichte mit den Beziehungen zu K. D. v. Münchow und zu Fr. W. Barfuß aufgedeckt werden konnte, während in den letzten Monaten desselben Jahres die Auffindung der Glasakten<sup>4</sup> im Archiv des alten Preußischen Kultusministeriums gelang, so daß die Ende 1929 abgeschlossene 1. Auflage der Werkstattgeschichte<sup>24</sup> für wichtige Teile des Gebäudes festere Grundmauern bot, während nebenbei aus der Erinnerung oder dem Altbesitz der Werkstätte, Angaben, Geräte und Lichtbilder benutzt werden konnten. — Die 50. Wiederkehr des Tages, an dem die Apochromate veröffentlicht worden waren, gab 1936 den Anlaß zu dem Versuch<sup>25</sup>, willigen Lesern auseinanderzusetzen, was man sich bei einer alteingeführten Trockenlinse von mittlerer Öffnungszahl unter der Farbenverschiedenheit des Öffnungsfehlers denken solle. Die ziemlich zu gleicher Zeit veröffentlichte 2. Auflage der Werkstattgeschichte<sup>24</sup> konnte eine gewisse Anzahl von Nachträgen und Berichtigungen für das bereits behandelte Gebiet bringen.

Es ist verständlich, daß damals der Wunsch entstand, zum 100. Geburtstage des Meisters eine umfassendere Darstellung seines Lebens zu schreiben, und die ersten Vorarbeiten<sup>26</sup> dazu konnten im Januar 1937 im Druck erscheinen. In der

Zwischenzeit waren wichtige Mitteilungen<sup>17</sup> aus Snellschen Briefen erschienen, die zum ersten Male die früheste große Rechenarbeit Abbes sicher zu bedaten gestatteten, und es ließ sich ferner auf Grund amtlicher Akten des Jahres 1878 die Berufung behandeln, durch die man den Meister an das Berliner Physikalische Institut zu ziehen hoffte. Diese neuen Kenntnisse wurden zu der ersten Sammlung möglichst gleichzeitiger Belege für Einzelheiten zu Abbes Leben verwandt. Diese erste Sammlung wurde bis an das Ende der 70er Jahre geführt.

Die zweite Stoffsammlung<sup>27</sup>, im April 1938 erschienen, reicht bis zu Zeissens Tode und bringt aus Preislisten und -büchern mancherlei sonst übersehene, gesicherte Angaben; aber die wichtigsten Ausblicke wurden ihr ermöglicht oder eröffnet durch gewisse Privatakten unter amtlichem Verschluß, in die dem Verfasser ein Einblick gewährt wurde. Es handelt sich um umfangreiche Akten des Jenaer Kurators H. Eggeling, die dieser zum Entstehen der Stiftung angelegt hatte und die vom April 1886 ab verschiedene Vorgänge auf diesem Gebiete genau verfolgen lassen. Auch wichtige Teile der ersten Form der Carl-Zeiss-Stiftung ließen sich nach der Niederschrift vom 10. November 1888 noch in der zweiten Stoffsammlung wiedergeben.

Die dritte und letzte Sammlung<sup>28</sup> vom Dezember 1938 könnte ohne diese Eggelingschen Akten überhaupt nicht gedacht werden. Namentlich zur Zeit von Abbes 25. Geschäftsjubiläum erhält man daraus in seine Wünsche und Absichten aber auch in seine Hoffnungen und Entwürfe Einblicke, die dem Verfasser seine Aufgabe in ungehoffter Weise erleichtert haben. Er hielt auch den Versuch für angemessen, die sozialpolitischen Ansichten des Meisters willigen Lesern durch eine etwas eingehendere Behandlung zweier besonders kennzeichnender Vorträge näherzubringen.

Auf diese Weise wird man sich aus den folgenden Seiten über Abbes wissenschaftliches und technisches Werk sowie

über seine sozialpolitische Einstellung einigermaßen unterrichten können. Begonnen hat er sein sozialpolitisches Wirken damit, daß er früh im Jahre 1886 eine immer reicher ausgestattete wissenschaftliche Stiftung für unsere kümmernde Hochschule errichtete.

Der Leser wird erkennen, daß Abbes Veröffentlichungen vor und nach dem Jahre 1886 im wesentlichen zwei verschiedenen Gruppen, der wissenschaftlich-technischen und der sozialpolitischen, zuzuordnen sind. Gewiß greifen die letzten wissenschaftlich-technischen Bestrebungen noch über 1886 hinaus, ebenso wie sich sozialpolitische Ansätze deutlich schon in den Jahren vor 1886 nachweisen lassen, aber aus der ganzen Darstellung wird sich ergeben, daß mit dem Jahre 1886 eine Änderung in seiner Haupttätigkeit eingetreten ist.

Den Bemerkungen zu den Tafelbildern S. XXIII/XXIV wird sich manche wissenschaftliche Einzelheit zu den Bildnissen entnehmen lassen.

Im Register auf S. 225/34 wird man die Geburts- und Todesdaten mancher in Abbes Leben tiefer eingreifenden Personen finden, soweit sie bereits abgeschieden sind.

Mir bleibt nun noch übrig, den Herren Prof. Dr. G. Mentz und Prof. Dr. Th. Lockemann für die vielfachen Bemühungen zu danken, die sie bei der Drucklegung freundlich auf sich genommen haben.

Meinen beiden Freunden, den Herren Dr. H. Boegehold und Prof. W. Stahlberg, die sich der großen Mühe unterzogen haben, meinen Text auf sachliche Richtigkeit und Wahl des zutreffenden Ausdrucks Absatz für Absatz zu prüfen, habe ich alsdann herzlich zu danken; bei der mühseligen Entfehlerungsarbeit ist mir ihre Zustimmung Freude und Ermutigung zugleich gewesen.

Jena, den 23. Dezember 1939.

Moritz von Rohr.

Die Anführung der im Verzeichnis auf S. 222/24 gesammelten und bezifferten Quellen ist auch hier wieder in der mir allmählich gewohnten Weise geschehen. Es bedeutet also beispielsweise <sup>6</sup>112  $\alpha$  Quelle 6. Seite 112, 1. Absatz, denn der 1. 2. . . vorletzte, letzte Absatz einer Seite ist mit den griechischen Zeichen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  gekennzeichnet worden, die der Seitenzahl angehängt wurden.

## Inhaltsverzeichnis.

Die Ziffern beziehen sich auf die Seitenzahlen.

---

### I. Die Jahre der Vorbereitung (1846—1866).

Die Schulzeit S. 1—7. — Das Elternhaus S. 1. — Des Vaters überlange Arbeitszeit S. 1. — Die Volksschule S. 2. — Die Dresdner Flüchtlinge S. 3. — Die Realschule und die Freistellen S. 3. — Die Lehrerschaft der Realschule S. 4. — Abbes Begabung und Fleiß S. 5. — Die Abschlußprüfung S. 5/6. — Der Entschluß zu studieren S. 6. — Die Mitteilung an die Fabrikleitung S. 6/7.

Das Studium und die Frankfurter Zeit S. 7—16. — Die Jenaer Hochschule S. 7. — Die ersten Vorlesungen bei K. Snell und H. Schäffer S. 8. — Die Lösung der Preisaufgabe im Sommer 1858 S. 9. — Die ersten Beziehungen zu dem Kurator M. Seebeck S. 9 — und die Anerkennung in der Heimat S. 10. — Die Übersiedlung nach Göttingen S. 10. — Der Einfluß namentlich von W. Weber und B. Riemann S. 11, — auch von J. B. Listing S. 11. — Studentenfreundschaften S. 11/12. — Die Doktorpromotion S. 12 — sowie die Tätigkeit bei M. Meyerstein und E. Klinkerfues S. 12/13. — Die ersten Beziehungen zum Physikalischen Verein in Frankfurt a. M. S. 13. — Wintervorlesungen in Frankfurt und Offenbach S. 14. — Die Sommervorlesungen und die wirtschaftlichen Verhältnisse S. 14. — Das neue Sehzeichen auf dem Paulsturm S. 15. — Der Vorschlag zu einem veränderten Meridian-Instrument S. 15/16.

Die Habilitation und die Jahre als Privatdozent S. 16—26. — Die Habilitation S. 16. — M. Seebecks Persönlichkeit S. 16/17. — Die wirtschaftliche Lage im Anfang S. 17. — Abbes Treuverhältnis zur Hochschule S. 18. — Wirtschaftliche Schwierigkeiten und Seebecks Eintreten für Abbe S. 19/20. — Eine Übersicht über die Zeissi-



sche Werkstätte bis zur Berührung mit Abbe S. 21/23. — Abbes Verhältnis zu K. Snell und H. Schäffer S. 24. — Die Beziehungen zu A. Dohrn und N. Kleinenberg S. 24/25. — Ein Erinnerungsbild an eine Vorlesung Abbes S. 25. — Ungefähre Einnahmen des Privatdozenten S. 26.

## II. Die Zeit gemeinsamer Leitung mit Carl und Roderich Zeiss (1866—1889).

### A. Bis zum Eintritt als stiller Teilhaber (1866—75).

#### Abbes technische Betätigung S. 27—46.

Die Zeit bis zur Durchführung der Teilarbeit S. 27—29. — Sein Eintritt in die Werkstätte am 3. Juli 1866 und seine Überweisung an A. Löber S. 27. — Der Versuch mit der Teilarbeit S. 28. — Die Ähnlichkeit mit Fraunhofers Vorgehen S. 28. — Frühe Ausführung des Kondensors S. 29. — Die Einwirkung englischer Fachzeitschriften S. 29.

Carl Zeissens Verlangen nach einer brauchbaren Wasserstipplinse S. 29—36. — Löbers vergebliche Arbeiten S. 30. — Zeissens Forderung im Februar 1869 S. 30. — Abbes Arbeiten zur Erlangung des Professortitels S. 30. — Snells Gutachten S. 31. — Die Ernennung am 5. Mai 1870 S. 31. — Die anfängliche Unterschätzung der Schwierigkeit S. 32. — Das Ausbleiben des Erfolges S. 32. — Das Rätsel des „dunklen Raumes“ S. 32. — Refraktometer, Beleuchtungsgerät, Apertometer S. 33. — Heranziehung der Beugung zur Erklärung des „dunklen Raumes“ S. 34. — Die Aufstellung der Sinusbedingung S. 34. — Die ersten Erfolge S. 35. — Die geschäftlichen Abmachungen mit Zeiss S. 35. — Abbes von Anfang an vertrauenerweckendes Wesen S. 35/36.

Die nächsten Folgen der veränderten Auffassung S. 36—46. — Gemeinsam mit Zeiss angestellte praktische Versuche S. 36. — Neuberechnung der schwächeren Objektive S. 37. — Die theoretische Begründung der Konstruktion von Mikroskopen S. 37/38. — Seine Verpflichtung gegenüber C. Zeiss und A. Löber S. 39. — Der Kampf gegen den Farbenunterschied der Öffnungsabweichung S. 39. — Das erste Polyop-Objektiv von 1873 S. 39/40. — Das Handfernrohr mit der Bildaufrichtung durch Prismen S. 41. — Der Mißerfolg auf der Wiener Weltausstellung S. 41. — Seine spätere Erklärung dieses Mißerfolges S. 42. — Die Spektrometer und Refraktometer von 1874 S. 42/43. —

Der damals mißglückte Patentschutz S. 43. — Abbes Stellung zu Patenten S. 43. — Schwere Krankheitsfälle im Abbeschen Haushalt um 1875 S. 44. — Seine Forderung eines festen Gehalts S. 44. — Zeissens großgesinnte Antwort S. 45. — Die Vertragsschließung S. 45/46.

### Abbes wissenschaftliche Betätigung S. 46—88.

Die wissenschaftlichen Arbeiten für seine akademische Stellung S. 46—54. — Die Zurückziehung der älteren photometrischen Arbeiten S. 46. — Der Spektralapparat S. 46/47. — Abbes anfängliche Ansichten über die Rechenanlage S. 47.

I. Photometrische Grundbegriffe. Beleuchtungsstärke und Helligkeit; Leuchtkraft S. 48. — II. Die mittelbare Lichtstrahlung diffus reflektierender, sowie spiegelnder und brechender Flächen S. 49. — III. Die Lichtwirkung durch Folgen zur Achse ausgerichteter Kugelflächen S. 51. — [Die erste Form der Strahlenbegrenzung] S. 52. — Zwei besonders wichtige Strahlungssätze S. 54. — Eine Vermutung über den Inhalt des nicht mehr veröffentlichten Schlußteils S. 54.

Abbes weitere Vorlesungen S. 55. — Die erste maßgebende Form der Dioptrik und der Theorie der optischen Instrumente S. 55. — Das Anwachsen der optisch-technischen Tätigkeit S. 56. — Abbes Bewertung durch die Regierung S. 56.

Abbes Polyop-Objektiv vom Herbst 1873 und der Einblick in die neue Objektivanlage S. 57—67. — Seine Andeutungen vom Jahre 1878 S. 57. — Die alte Darstellung der Zwischenfehler S. 58. — Der Musterachromat D mit gleichzeitiger Fehlerhebung S. 58. — Der Gesamtbetrag der Zwischenfehler S. 59. — Die Ordinaten  $h' = f' \sin \zeta$  S. 59. — Die Fehlerkurve für grünes Licht der Linie e S. 60, — für rotes Licht der Linie C S. 60, — für blaues Licht der Linie F S. 60 und violettes der Linie  $G \times$  S. 61. — Die Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung S. 61. — Die notwendigen Farbenfehler der Achsenstrahlen zum Ausgleich der Abweichungen S. 62. — Die unabhängige Fehlerhebung im Polyop von 1873 S. 63. — Die Schnittweitentafel S. 64. — Die Fehlerkurve für die grüne Linie E, die rote Linie B, die gelbe Linie D und die blaue F S. 64. — Die Fehlerkurve für  $G \times$  S. 65. — Der Gesamtbetrag der Zwischenfehler am Beispiel der Kurve für F S. 66. — Die Übereinstimmung dieser Kurven mit Abbes Angaben im Jahre 1879 S. 66. — Abbes grundsätzliche Bewertung der Polyoprechnungen im Jahre 1896 als Vorstufe zu den Apochromaten S. 67.

Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung S. 68—84. — Die Konstruktion

von Mikroskopen auf Grund der Theorie S. 68—69. — 1. Der Erfolg in der Zeissischen Werkstätte S. 68. — 2. Die Bedeutung des Öffnungswinkels S. 68. — 3. Die Beugung durch das Gefüge des Objekts S. 69. — II. Die dioptrischen Bedingungen der Leistung des Mikroskops S. 69—76. — 4. Die Öffnungsbilder. Die Strahlenbegrenzung. Der [Sinus]satz S. 69/70. — 5. Die endliche Größe von Öffnungs- und Bildwinkeln. Die Aufgaben für Objektiv und Okular S. 70. — [Die Abbesche Planparallelplatte zur neuen Zerlegung des Mikroskops 71]. — 6. Die Zerlegung des Mikroskopobjektivs in eine Lupe und ein Fernrohrobjektiv S. 72. — 7. Die Abweichungen und die Natur der Zwischenfehler S. 72/73. — 8. Die förderliche Winkelvergrößerung des Fernrohrs S. 73. — 9. Erfahrungsmäßige Angaben über die förderliche Vergrößerung S. 74. — 10. Die Testplatte und der empfindliche Strahlengang S. 74/75. — 11. Die dem Beleuchtungsgerät zu stellende Aufgabe S. 76. — 12. Die durch ein Objektiv vermittelte Helligkeit S. 76. — III. Die physikalischen Bedingungen für die Abbildung feiner Strukturen S. 76—82. — 13. Die Bedeutung des Öffnungswinkels an den besonders sorgfältig ausgeführten Objektiven der Zeissischen Werkstätte S. 77. — 14. Die Überlegenheit des größeren Öffnungswinkels (und der schiefen Beleuchtung) bei sehr feinen Einzelheiten etwa unter  $10\ \mu$  S. 77. — 15. Die Heranziehung der im Präparat hervorgerufenen Beugungswirkung zur Erklärung S. 77/78. — 16. Die Folgen einer Abblendung verschiedener von den feinsten Teilen der Präparate entworfenen Beugungsbilder auf die Wiedergabe feiner Einzelheiten und auf die Ähnlichkeit mit dem Präparat S. 79/80. — 17. Der Unterschied zwischen dem gröberen Absorptionsbilde und dem Bilde feinen Gefüges S. 81. — 18. Vorsicht beim Schluß auf Objektähnlichkeit ist geboten S. 81. — 19. Grenzen für das Unterscheidungsvermögen überhaupt S. 81/82. — IV. Das optische Vermögen des Mikroskops S. 82—84. — 20. Die Forderung des Zusammenfallens von Absorptions- und Beugungsbild S. 82. — 21. Die Bedeutung der Zwischenfehler S. 82. — 22. Eine Warnung vor der Prüfung an feinsten Streifungen S. 82. — 23. Die Bedeutung des empfindlichen Strahlenganges und die Empfehlung natürlicher Prüfstücke S. 83. — 24. Die dioptrische und die physikalische Unterscheidungsgrenze S. 83. — 25. Die Grenzen der Vergrößerung bei Trocken- und bei Stipplinsen S. 84.

Der Rest der wissenschaftlichen Arbeiten dieser Zeit S. 84—88. — Der Beleuchtungsapparat am Mikroskop S. 84/85. — Die Geräte zur Bestimmung von Brechung und Zerstreuung S. 86. — Das Spektrometer auf Grund des Littrowschen Verfahrens von 1863 S. 87. — Das Refraktometer zur Messung an flüssigen Mitteln S. 87. — Zur Ableitung der förderlichen Winkelvergrößerung S. 87/88.

## B. Die gemeinsame Arbeit bis zur Herausgabe der Achromate.

### Abbes technische Betätigung S. 88—104.

Der Ausgang der Arbeiten mit Carl Zeiss S. 88—96. — Die Arbeit im Zweigausschuß für die Londoner Leih-Ausstellung S. 88. — Abbes Sendung als Vertrauensmann nach London S. 89. — Die Durchführung der englischen Reise S. 89. — Die Fertigstellung des zweiten Polyop-Objektivs S. 89. — Die wahre Bedeutung der Polyop-Objektive S. 90. — Ihre Planung und Prüfung sowie der Bericht an den Partner S. 90. — Alterserscheinungen bei Carl Zeiss S. 91. — Roderich Zeissens wichtige Tätigkeit zu Lebzeiten des alternden Vaters S. 91. — Die Bedeutung von Abbes englischer Reise für die Werkstätte und für seine späteren Beziehungen zur Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft S. 92. — Fr. H. Wenham und G. Shadbolt S. 92/93. — Das erste ausführliche Preisbuch von 1877 S. 93. — Der Apertometer-Aufsatz S. 93. — H. Helmholtzens Mai-Besuch im Jahre 1878 S. 93/94. — Dankbare Anerkennung der Ablehnung durch Abbe in Jena S. 94. — Abbes Vortrag im Juni 1879 in London über den Teilapochromat S. 95. — Die Aufführung der Öffnungszahlen in der Liste vom September 1879 S. 95. — Abbes erfolgreiche Arbeiten am Stippmittel S. 95. — Sein Gregorysches Fernrohr mit Glassilberspiegeln um 1877 S. 96. — Sein holländisches Fernröhrchen von 1879 S. 96. — Keine Neuaufnahme des Prismenfernrohrs S. 96.

Die eigentlichen Rechenarbeiten S. 96—98. — Das Objektiv a\* und die 3 zwischengeschalteten Wasserstipplinsen um 1877 S. 96/97. — Das zweite Polyop-Objektiv um 1876 S. 97. — Die Paß-ölinse für J. W. Stephenson um das Ende von 1877 S. 97. — Die Berechnung des Teilapochromats vom Juni 1879 S. 97/98. — Das Meßobjektiv mit telezentrischem Strahlengange nach der Ding- und nach der Bildseite von 1878 S. 98.

Der Besuch der Londoner Leih-Ausstellung und seine tiefere Bedeutung S. 98—103. — Die Prüfung der Mikroskope englischer und amerikanischer Herstellung S. 98. — Die Bedeutung der Polyop-Objektive für die Erkenntnis der allgemeinen Mängel in der Farbenhebung S. 99. — Die Beschränkung seines Berichts auf die optischen Leistungen S. 100. — Keine einschneidenden Fortschritte auf der Ausstellung S. 100. — Hinweis auf seine und auf Helmholtzens theoretische Arbeit S. 100. — Nachdrückliche Betonung der Bedeutung von der Lehre der Beugung S. 101. — Die Folgen einer Begrenzung des

Beugungsbündels durch das Objektiv S. 101. — Die Bedeutung der Öffnungszahl S. 101. — Da man den Öffnungswinkel nicht beliebig steigern kann, muß die dioptrische Genauigkeit der Strahlenvereinigung erhöht werden S. 102. — Das würde durch neue Glasarten erleichtert werden können S. 102. — Sein Aufruf an gelehrte Körperschaften, solche Schmelzversuche zu unterstützen S. 103. — Seine späteren Bemerkungen zu dem Bericht von 1878 S. 103. — Seine bescheidene Bewertung der eigenen Leistungen S. 103. — Seine Übernahme der alten Sternwarte S. 103/104.

**Abbes wissenschaftliche Weiterführung und Vertiefung der Arbeiten hauptsächlich am Mikroskop S. 104—106.**

Der wissenschaftliche Bericht über die neue Form des Apertometers S. 104—105. — Die Einführung der Öffnungszahl S. 104. — Die Notwendigkeit vollkommener Durchführung der geplanten Strahlenbegrenzung S. 104/105.

Die Beschränkung seiner Forschertätigkeit durch die Ablehnung der Berufung nach Berlin S. 105.

Abbes Weiterbildung der Achromate S. 106—110. — Die mikrometrische Messung mittels optischer Bilder S. 106. — Die Einführung der Mattscheibenebene S. 106. — Der telezentrische Strahlengang S. 106/07. — Die Meßobjektive am Mikroskop S. 107, — am Fernrohr und am Heliometer S. 107.

Über Blutkörperzählung S. 108. — Über Stephenson's System der homogenen Immersion S. 108. — Ein Rückblick auf Amici und Spencer S. 108. — Die Anregung durch Stephenson S. 108. — Das Kochsche Verfahren bei den Bakterienuntersuchungen S. 109. — Die Stippflüssigkeiten S. 109. — Die nötige Sorgfalt bei der Handhabung S. 109.

Das Totalreflektometer mit Kohlrauschens Verfahren zur Messung der optischen Werte an Kristallen S. 110.

Der Teil-Apochromat von 1879 S. 110—113. — Die gleichzeitige und die gesonderte Farbenhebung S. 111. — Sein neuer Fund zur gleichzeitigen Farbenhebung S. 111. — Die Bedeutung des Luftabstandes zwischen dem vorderen und dem hinteren Bestandteil S. 112. — Die Hebung der so eingeführten Farbenverschiedenheit im Okular S. 113. — Die aus dem gelungenen Versuch zu ziehenden Folgerungen S. 113. — Das spätere Schicksal des Teil-Apochromats aus Silikatarten S. 113.

Über die Bedingungen des Aplanatismus der Linsensysteme S. 114—117. — Die Begriffsbestimmung aplanatischer Punkte S. 114. — Orthoskopische Punktpaare S. 114. — Bei Abblendung in den aplanatischen Punkten tritt Verzeichnung auf S. 114. — Die Hyperbelzeichnung S. 115, — und ihre Verwendung zur versuchsmäßigen Prüfung eines vorliegenden Mikroskop-Objektivs auf Erfüllung der Sinusbedingung S. 115. — Alle brauchbaren Mikroskop-Objektive, auch die erprobten, erfüllen die Sinusbedingung S. 116. — Der Versuch in seiner Bedeutung für die Ungleichwertigkeit der verschiedenen Teile des Öffnungskegels in bezug auf die Helligkeit S. 116.

Abbes Widerlegung verschiedener gegen sein Apertometer erhobener Einwände S. 117. — Das stereoskopische Okular S. 117. — Die Beschränkung der Bündel auf der Augenseite S. 118. — Orthoskopische oder pseudoskopische Tiefenwiedergabe und das Aussehen der Austrittspupillen in beiden Fällen S. 118. — Die Tiefensteigerung durch Benutzung schiefer Beleuchtungskegel S. 119. — Die Ausdehnung der Sehraumtiefe beim Mikroskop S. 119 und die Bedeutung der optischen Querschnitte S. 120. — Abbes Kampf gegen R. Altmanns Ansichten S. 120. — Abbes Aufgabe des Absorptionsbildes S. 121. — Die Inhaltsangabe für den II. Teil S. 122. — Seine Beziehungen zu L. Dippel S. 123. — Die beginnende Erschöpfung durch Überarbeitung S. 123

Die Vorbereitung auf die Gründung des Glaswerks S. 124—137. — Die Herkunft der Akten S. 124. — Abbes Bescheidenheit bei der Schilderung des eigenen Wirkens S. 124. — Der vorläufige Bericht vom 30. März 1882 S. 125—130. — Der augenblickliche Stand der Schmelzkunst S. 125—126. — Die Abtrennung der Schmelzhütten von der optischen Technik S. 125. — und die für die feinere optische Technik wichtige Forderung S. 125. — Die wissenschaftliche Vorarbeit in Witten und in Jena S. 126—129. — Abbes frühe Erkenntnis der vorliegenden Mißstände S. 126. — Sein Zusammenarbeiten mit O. Schott zunächst in Witten S. 126. — Die 3 Hauptaufgaben S. 127. — Die tatsächlichen Ergebnisse S. 127. — Die Übersiedlung O. Schotts nach Jena Mitte Januar 1882 S. 127. — Die Arbeiten zur Fraunhoferschen S. 127/28 — und zur Abbeschen Aufgabe S. 128 mit besonderer Betonung der letzten Forderung S. 128. — Der Gedanke an eine Beihilfe vom Staat S. 129—130. — Die Notwendigkeit, das Glas in größeren Schmelzen herzustellen S. 129. — Der Verzicht beider Gelehrten auf Patente S. 130. — W. Wehrenpennigs erster Besuch am 21. Oktober 1883 in Jena S. 130. — Der zweite Bericht vom 5. Januar 1884 S. 130—135. — Der gegenwärtige Stand und die bisherigen Ergebnisse S. 130—134. — Die neuen Versuche zur Darstellung neuer, praktisch verwend-

barer Glasarten S. 131. — Die Ergebnisse der Schmelzversuche in Tabellendarstellung S. 131. — Die Erfüllung der Abbeschen Forderung S. 132. — Studien zur Technik der Glasbereitung für optische Zwecke S. 133. — Zwei Mikroskopobjektive aus neuen Glasarten S. 133. — Versuche zum astronomischen Fernrohr sind noch nicht abgeschlossen S. 134. — Der Plan für die Fortsetzung der Versuche und ihre Überleitung in die Industrie S. 134—135. — Die Begründung der glastechnischen Versuchsstation S. 134. — Möglichstes Entgegenkommen bei Förderungen der Industrie und der Wissenschaft S. 135. — Rechtfertigung des Gesuches um eine Unterstützung vom Staat S. 135. — Abbes Zweifel an wirtschaftlich besonders lohnenden Ergebnissen S. 135. — Die Aufgabe der Berechnung der neuen Achromatobjektive S. 136. — Die großen Kosten der Versuchsanstalt S. 136. — Die Schilderung der Sorgen in einem Schreiben an E. Busch S. 137. — Die Teilnahme G. v. Goßlers S. 137.

Abbes spätere Mitteilungen an die Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft S. 137—144. — Die Bemessung der Apertur S. 137. — Der Grund seiner engeren Beziehungen zu den englischen Mikroskopikern S. 138. — Die Beziehungen zwischen Apertur und Vergrößerung S. 138—142. — Allgemeine Betrachtungen über große und kleine Aperturen S. 138/39. — Der rationelle Ausgleich von Apertur und Vergrößerung S. 139. — Die Beziehung zwischen Apertur und Vergrößerung für das ganze Mikroskop S. 139. — Die Tafel der Vergrößerungen und die der Aperturen S. 139. — Die Verteilung der Gesamtvergrößerung auf Okular und Objektiv S. 140—142. — Die Berücksichtigung der Abweichungsreste am Objektiv S. 140. — Normal-[Lupen-] Vergrößerung [N] und Übervergrößerung S. 140/41. — Die ältere Bestimmung der  $\nu$ -Werte für verschiedene Wasser- und Trockenfolgen S. 142. — Neuere Werte dafür aus dem Jahre 1893 S. 143. — Über die Art des Sehens mit Objektiven großer Öffnung S. 143. — Die Einführung des Vergrößerungsvermögens S. 143/44. — Über die Wirkung der Beleuchtung durch weitgeöffnete Strahlenkegel S. 144.

### III. Die vorwiegend sozialpolitische Betätigung (1886—1902).

Die Wandlung in Abbes Haupttätigkeit S. 145—151. — Anzeichen für eine wachsende Überarbeitung S. 145. — Der Versuch, frühzeitig in C. Moser einen Helfer zu gewinnen S. 145. — Einzelheiten zu Mosers technischer Schulung S. 146. — Die Anwerbung S. Czapskis

S. 146. — Sein günstiger Eindruck auf Abbe S. 146. — Seine erste Schulung bei C. Bamberg an Fernrohrobjektiven S. 147. — Geringe Kenntnis von Einzelheiten aus der Vorbereitungszeit der Apochromate S. 147. — Abbes Bericht von seinem Zusammenbruch im Winter 1885/86 S. 147. — Die Heranziehung P. Rudolphs im Januar 1886 S. 148. — Abbes Dankopfer für die Vollendung der Apochromate S. 148. — Der Beginn des Gebrauchs starker Schlafmittel um 1885/86 S. 148/49. — Die Stiftungsaufgaben seit der Begründung des „Ministerialfonds für wissenschaftliche Zwecke“ S. 149. — S. Czapskis wissenschaftliche Tätigkeit S. 149. — Abbes Übernahme größerer sozialer Pflichten um den Ausgang von 1886 S. 150. — Die deutliche Zielsetzung zum Tage seines 25jährigen Dienstjubiläums S. 151. — Die Neubearbeitung der Stiftungssatzung S. 151.

Ernst Abbe als Mitglied der Geschäftsleitung S. 152—154. — Ein Hinweis auf die Auseinandersetzung mit Roderich Zeiss S. 152. — Abbes Verzicht auf sein Vermögen im Jahre 1889 und die erste Geschäftsleitung S. 152. — M. Fischers Erinnerungen an Abbes Einarbeitung in die kaufmännische Tätigkeit S. 152. — Die Bedeutung der alten Leitung durch Carl und Roderich Zeiss; Roderichs Verdienste um das Ende der 70er Jahre; Abbes wirtschaftliche Einschätzung seiner eigenen Tätigkeit S. 153. — Sein Anspruch nur auf einen bescheidenen Teil des Mehrertrages S. 154. — Seine Bedeutung auch als wirtschaftlicher Leiter S. 154.

Die Errichtung der verschiedenen Abteilungen S. 154—159. — Die Meßabteilung seit 1874 S. 155. — Ihr Wert als Schulungsstätte für die feinere Technik S. 155. — C. Pulfrich wird ihr Leiter S. 155. — Abbes Absicht, schon 1884 eine astronomische Abteilung zu gründen S. 155. — Die Verwirklichung der alten Pläne 1896 durch Gewinnung von M. Pauly und Fr. Meyer S. 155. — Die photographische Abteilung schon 1888 vorbereitet S. 155. — Das Formelwerk Abbes S. 156. — P. Rudolphs Erfolge mit dem Anastigmat S. 156. — Die Gründung der Abteilung 1890, die Nutzungs-Verträge, die Überlieferung von Rudolphs Entlohnung S. 156. — Die Selbständigkeit Rudolphs von Abbe anerkannt S. 156. — Die Begründung der Teleabteilung auf Abbes Erfindungen im Sommer 1893 S. 157. — Die Begründung der Patent-Abteilung im Herbst 1898 S. 157. — Abbes Stellung zu dem Patentschutz im allgemeinen S. 157. — Seine Bedeutung für alle Abteilungen in den 90er Jahren S. 158. — Seine Anerkennung der Leistung der Mitarbeiter S. 158/59.

Abbes Tätigkeit hauptsächlich auf sozialpolitischem Gebiete S. 159—176. — Seine beiden rein politischen Reden 1898



und 1900 S. 159. — Allgemeines über die sozialpolitischen Reden S. 160. — Abbes eigene Begründung S. 160. — Seine Rede am 7. März 1894 zur Steuergesetzgebung S. 161. — Die übliche Nutzung des Eigentums und die sozialen Bedingungen dafür S. 161. — Die Höhe der „mündelsicheren“ Zinssumme S. 161/2 — und die durchschnittliche Zinsverpflichtung S. 162. — Das ständige Anwachsen des Verzinsungsanteils S. 162. — Die Beschlagnahme des „mündelsicheren“ Zinsabwurfs durch den Staat S. 162. — Abbes Schilderung der Folgen eines solchen Gesetzes S. 163. — Seine Rede am 21. März 1894 zum Arbeiterschutz S. 163. — Das Umsichgreifen von Arbeitsteilung und ihre Folgen für den unselbständigen Arbeiter S. 163. — Das Ziel ist weitere Vorsorge für Schonung und Erhaltung der körperlichen Volkskraft und Haftung für ihren regelmäßigen Verbrauch S. 164. — Als Mittel: die Einführung des 8-Studentages S. 164, größere Stetigkeit und Dauer der Beschäftigung S. 165. — Ruhegehalt für Alt-Arbeiter S. 165. — Das Schicksal des Vortrages über Volksbildung vom 23. Mai 1894 S. 166. — Die kurze, gleichzeitige Inhaltsangabe S. 166. — Die Schilderung durch S. Czapski S. 167, — durch B. Vopelius S. 167. — Kurze Reste in Abbes Schriften S. 167. — Vermutliche Widerstände innerhalb der Freisinnigen Partei S. 168. — Die Gewinnbeteiligung der Arbeiter in der Großindustrie S. 169. — Zur Vorgeschichte: Jean Leclaire, Freese S. 169 und seine Ablehnung dieses Standpunktes S. 169. — Die Gewinnbeteiligung als notwendiger Teil der Stiftungssatzung S. 170. — Die Teilung des Lohnes in einen unwiderruflichen Teil und einen veränderlichen (den Reingewinnanteil) S. 170. — Die Rede vom 15. Dezember 1897 zur Herabsetzung des zu hohen Stücklohns S. 171. — Die Begründung des unverteilbaren Gemeineigentums und die Aufrechterhaltung des Reingewinnanteils S. 172. — Die volkswirtschaftliche Bedeutung des 8-Stunden-Tages S. 172. — Die Ergebnisse der genauen Jenaer Lohnstatistik S. 172. — Der Versuch einer theoretischen Begründung S. 173. — Über die Aufgaben des Arbeiterausschusses S. 173. — Die Auseinandersetzung seiner Rechte S. 174. — Verbesserungsmöglichkeiten S. 174. — Der Streit sei nicht unter dem Zeichen des Klassenkampfes zu führen S. 174/5. — Ein Versuch, Abbes sozialpolitische Tätigkeit mit der Dankbarkeit seinem Elternhause gegenüber verständlich zu machen S. 175/6.

Ernst Abbes technische Arbeiten nach dem Abschluß der Apochromatrechnungen S. 176—196. — Die Unvollständigkeit der Überlieferung S. 176. — Abbes Bemühungen um das Mikroskop S. 177—181. — Die Einführung der Apochromate S. 177. — Die Hebung der Farbenfehler und die Verwendung auch sehr starker Okulare S. 177. —

Die Kompensationsokulare S. 177/8. — Die sehr merkliche Steigerung der Übertvergrößerung S. 178. — Die ungewohnte Güte der Strahlenvereinigung S. 178. — Die Projektionsokulare S. 178. — Die Apochromat-Preisliste vom August 1886 S. 178/9. — Die Monobromnaphthalin-Linse mit  $n_A = 1.60$  vom Dezember 1889 S. 179. — Abbes Bericht über die Verwendung von Flußspat für optische Zwecke S. 179. — K. Bratuscheks Einstellung wohl schon 1891 geplant S. 180. — Die Einstellung H. Hartings im August 1897 und M. v. Rohrs im Dezember 1899 S. 180/1. — Die Bemühungen um die photographische Abteilung S. 181—186. — Die Entwicklung der Rechenformeln S. 181. — Die Einzelaufgaben für P. Rudolph vom Jahre 1888 S. 181/2. — Das Anastigmatpatent von 1890 und die Herstellverträge S. 182. — Der wirtschaftliche Erfolg S. 182. — Die Zwischenfehler der neuen deutschen Aufnahmelinsen S. 182/3. — Rudolphs Planar vom Frühjahr 1896 S. 183. — Abbes Neuauffindung der Bow-Suttonschen Bedingung für die Verzeichnungsfreiheit S. 183. — Abbes Patentschutz auf den Anamorphot S. 184. — Seine Erkenntnis der diagonalastigmatischen Aberration S. 184. — Abbes Vorkehrung um seitliche Bildteile vergrößert wiederzugeben S. 184. — Die unkugligen Flächen zur Hebung von Fehlern schiefer Bündel S. 185. — Sein Prüfverfahren für unkuglige Flächen S. 185. — Die Versuche an einer einfachen Beleuchtungslinse S. 185/6. — und an einer photographischen Landschaftslinse, unkuglige Flächen zur Fehlerhebung zu verwenden S. 186. — Das Gelingen dieser Versuche und Abbes Ansichten über die Planung photographischer Linsen S. 186. — Abbes Tätigkeit an der Meßabteilung S. 187—188. — Das Werbeblatt von 1874 S. 187. — Die Begründung der Abteilung in den 90er Jahren S. 187. — Das neue Doppelprisma für Refraktometer S. 187. — Abbes Bewertung der neu zu errichtenden Abteilung S. 188. — Abbes Bemühungen um das Erdfernrohr S. 188—192. — Die ersten Bemühungen wohl um 1887 S. 189. — Pläne von 1891 für Heeres- und Seefernrohre S. 189. — Czapskis späterer Bericht über Mißerfolge mit dem holländischen Fernrohr S. 189. — Mißerfolge beim Erdfernrohr mit Bildaufrichtung durch Linsen S. 190. — Die Zwischenschaltung eines Fernrohrokulars mit weitabliegendem Augenpunkt S. 190. — Die Wiederaufnahme der Bildaufrichtung durch Prismen 1893 S. 190 und die Paarung zweier Rohre zu einem Prismendoppelfernrohr mit erweitertem Objektivabstand S. 191. — Die Reliefrohre S. 191 und Maßnahmen gegen die Umgehung der Schutzrechte S. 191. — H. Hartings Arbeiten am verkitteten Fernrohrobjektiv um 1898 S. 192. — Abbes Arbeiten am Raumbildentfernungsmesser S. 192. — Die Erwerbung des Patents von H. de Grouilliers S. 193. — Der Jenaer Raumbildentfernungsmesser in München 1899 S. 194. — Geräte für die

Entfernungsmessung auf See S. 194. — Die Schilderung des Zielwinkelentfernungsmessers nach A. König S. 194. — Der Hochstands-entfernungsmesser S. 195. — Die Begründung der Astro-Abteilung 1897 S. 195. — Zur Weiterführung der rechnerischen Grundlagen um 1900/01 S. 195/6.

#### IV. Die letzten Lebensjahre.

##### Zur Würdigung von Abbes Leistungen S. 197—208.

Der Reiz seiner Persönlichkeit seit der Schulzeit S. 197. — Die Schwierigkeit, seinen Vorlesungen und Abhandlungen zu folgen S. 197. — Abbes Anerkennung durch die Universitätsverwaltung S. 198—200. — Die regelmäßige Jahreszahlung seit 1865 S. 198. — Die Ernennung zum a.o. Professor 1870 S. 198. — Die Übertragung der Professur für Astronomie S. 198. — Die Ernennung zum ordentlichen Honorarprofessor um Ende Juli 1878 S. 199. — Die Ordensverleihung am 3. Mai 1884 S. 199. — Der 3. Kurator und einiges aus seinem Leben S. 199. — Abbes Errichtung des „Ministerialfonds für wissenschaftliche Zwecke“ Ende Mai 1886 S. 200. — Die Glückwunschkadresse zum 50. Geschäftsjubiläum am 12. Dezember 1896 S. 200. — Die Dankadresse am 28. Februar 1902 S. 200.

Die Anerkennung der technischen Leistungen Abbes S. 201—205. — Die Aufforderung zum Eintritt in die Leopoldinisch-Carolinische Akademie der Naturforscher um das Ende von 1873 S. 201. — Abbes Heranziehung zum Jenaer Zweigausschuß für die Londoner Leih-Ausstellung im Januar 1876 S. 201, — und seine Abordnung als Berichterstatter nach London durch den Preußischen Kultusminister S. 201. — Die Ernennung zum Ehrenmitgliede der Roy. Micr. Soc. am 1. Mai 1878 als Anerkennung für die Berechnung der ersten Paßölinse S. 201. — H. Helmholtzens Versuch, ihn 1878 als Professor der theoretischen Physik nach Berlin anzuwerben S. 202. — Der Beginn der Bewerbung um staatlichen Zuschuß von Preußen zu den Glasarbeiten S. 202. — Der erste von Abbe entworfene Bericht vom 30. März 1882 S. 202. — Die erfreuliche Bewertung Abbes 1883 in Berlin S. 203. — C. Bambergs Brandbrief und W. Wehrenpfennigs Besuch am 21./22. Oktober 1883 in Jena S. 203. — Der Hallische Ehrendoktor der Medizin vom 10. November 1883 S. 203. — Freundschaftliche Beziehungen Abbes zu Wehrenpfennig und dem Minister v. Goßler S. 203/4. — Die beiden 1884 und 1885 vom Preußischen Staate gewährten Unterstützungen S. 204. — Abbe wird in das Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt berufen S. 204. — Sein Fürwort für

die Zft. f. Instrknde S. 205. — Der Jenaer juristische Ehrendoktor vom 13. Dezember 1896, die Wahl zum Ehrenmitgliede der Leipziger Akademie am 20. Juli 1901 und am 3. August desselben Jahres der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen S. 205. — Die Ernennung zum Mitgliede des Kgl. Bayr. Maximiliansordens am 4. Dezember 1903 S. 205.

Die Nachrichten über die Aufnahme von Abbes Veröffentlichungen S. 206—208. H. E. Fripps Übersetzung der Abbeschen Beiträge zur Theorie des Mikroskops S. 206. — L. Dippels Lehrtätigkeit und seine engeren Beziehungen zu Abbe S. 206. — S. Czapskis Darstellung der Strahlenoptik Abbes nach den Vorlesungen und Abhandlungen S. 206. — Genaue Zeitangaben der allmählichen Entwicklung der Abbeschen Lehre zwar unzugänglich S. 207, aber einzelne Ausblicke wohl möglich S. 207. — Rettung anderer Erinnerungen an Abbes Arbeiten für Mikroskope und Fernrohre durch Czapski ermöglicht S. 208. — Hinweis auf andere, merklich spätere Quellen S. 208.

#### **Abbes letzte Lebenszeit S<sup>1</sup> 209—210.**

Sein Rücktritt am 1. April 1903 S. 209. — Die Seereise nach Neapel und die Rückreise nach Jena über die Schweiz S. 209. — Die Besserung unter der Bergerschen Behandlung S. 209. — Der große Fackelzug am 4. Oktober 1903 S. 209. — Endgültige Verschlechterung des Befindens seit dem Frühjahr 1904 S. 209/10. — Der Tod am 14. Januar 1905 S. 210. — Der Eindruck bei seinem Abscheiden S. 210/12.

#### **Nachweise und Anmerkungen.**

<sup>a</sup> Zur preußenfeindlichen Stimmung nach 1848 in Thüringen S. 213. — <sup>b</sup> Zur Beurteilung der Eichel-Streiberschen Hilfsleistungen S. 213. — <sup>c</sup> Zu der Ernst Abben auferlegten Dienstverpflichtung S. 213. — <sup>d</sup> Zu den Schulbeihilfen für Abbe S. 213/14. — <sup>e</sup> Zur tätigen Teilnahme des Direktors G. A. Köpp (vgl. auch <sup>i</sup> auf S. 215) S. 214. — <sup>f</sup> Zu Abbes Eisenacher Stipendien und seinem Wunsch, in Berlin zu arbeiten S. 214. — <sup>g</sup> Abbes Schilderung seiner wissenschaftlichen Stellungen vom 28. Nov. 1873 S. 214. — <sup>h</sup> Abbes Frankfurter Pläne für den Sommer 1862 S. 214/5. — <sup>i</sup> Seine Tätigkeit als Privatlehrer im Herbst 1862 S. 215. — <sup>j</sup> Die Gebühren für die Habilitation waren nicht zu ermitteln S. 215. — <sup>k</sup> S. Czapskis Hinweis auf Abbes Tätigkeit im Jahre 1867 S. 215. — <sup>l</sup> S. Czapskis Bericht über frühe Stufen des Abbeschen Rechenwerks und F. Auerbach zur ersten Aufstellung der Sinusbedingung S. 216. — <sup>m</sup> Ein früher Bericht zu Abbes sozialer Tätigkeit S. 216/17. —

<sup>n</sup> Zur schaubildlichen Darstellung der Rechenergebnisse beim Mikroskopobjektiv S. 217. — <sup>o</sup> Die Zeitangaben zu Abbes Beiträgen zur Theorie des Mikroskops; H. Helmholtzens Brieflein S. 217. — <sup>p</sup> Zur Tätigkeit von R. Zeiss S. 217. — <sup>q</sup> Die spätere Stellung zum Teil-Apochromat von 1879 S. 217/18. — <sup>r</sup> Einzelheiten zu C. Mosers Tätigkeit S. 218. — <sup>s</sup> S. Czapski wird von H. Helmholtz nach Jena empfohlen S. 218. — <sup>t</sup> H. Boegehold zur ersten Einführung von Flußpat in Mikroskopobjektive S. 219. — <sup>u</sup> Ein Zeugnis für Abbes frühen Gebrauch von Schlafmitteln S. 219/20. — <sup>v</sup> Einzelheiten zur Überreichung der Dankadresse am 28. Febr. 1902 und zu Abbes Dank S. 220/21.

## Bemerkungen zu den Tafelbildern.

+ Das Zeichen bedeutet, daß Herr O. Trinkler die Vorlage für die Anfertigung des Druckstocks geschaffen hat.

Titelbild + Zeitbestimmung wie in <sup>24</sup>106.

Tafel 1. Gustav Adolph Köpp; + die Bildniswiedergabe ist durch die S. 4/5 freundlichen Bemühungen von Herrn Waldmann ermöglicht. Adam Abbe + schon in <sup>6</sup>29.

Tafel 2. Karl Snell nach einem Steindruck in der Universitätsbibliothek, von Herrn Th. Lockemann freundlich dargeliehen. Andere Bildnisse aus früherer <sup>17</sup> und späterer Zeit <sup>6</sup>53.

Tafel 3. Hermann Schäffer + bereits in <sup>6</sup>57.  
S. 8/9

Tafel 4. Abbe + als Student in den ersten Semestern schon <sup>6</sup>61; S. 10/11 F. Kohlrauschens Zeichnung schon <sup>6</sup>85.

Tafel 5. Carl Zeiss + aus dem Besitze der Werkstätte. Näheres <sup>24</sup>18, S. 16/17 andere Bildnisse <sup>24</sup>13, 14, 18, 68 auch <sup>6</sup>173. Moritz Seebeck + der Quelle <sup>13</sup> entnommen; leider ohne Zeitangabe. Ein anderes Bildnis <sup>6</sup>133.

Tafel 6. Die ersten drei Werkstattbilder aus dem Besitz der Werkstätte schon in <sup>6</sup> und <sup>24</sup> wiedergegeben; das unterste Bild nach <sup>24</sup>66, wo sich auch die Herkunftsangaben finden.

Tafel 7. Abbe + als junger Privatdozent; die Zeitbestimmung gemeinsam mit Frau G. Unrein geschätzt. Die Beeinflussung durch die Tracht auf H. Schützens Bild <sup>6</sup>73 erschien uns auffällig und ließ uns an die ersten Jahre seiner Dozentenschaft denken, wo der Briefwechsel mit H. Schütz noch lebhaft war. Abbe + wohl um 1875 aufgenommen. Zeit nur vermutet, aber durch den Anschluß an englische Bilder aus dem ersten Besuche Londons 1876 befriedigend gesichert.

Tafel 8. Anton Dohrn s. <sup>24</sup>110; ein frühes Bildnis <sup>6</sup>135, ein späteres S. 90/91 <sup>6</sup>470; Roderich Zeiss nach <sup>24</sup>38; Karl Bratuschek + nach <sup>29</sup>41, wo auch Näheres zu finden.

Tafel 9. Carl Bamberg + nach einem von den Askaniawerken S. 130/31 freundlich überlassenen Druck; man vergl. auch <sup>24</sup>84.

- Tafel 10. Wilhelm Wehrenpfennig<sup>+</sup> nach einer von seinen Nach-  
S. 150/51 kommen freundlich dargeliehenen Aufnahme; Bedatung nach  
einer Erinnerung von Frau G. Unrein.  
Heinrich Eggeling<sup>+</sup>, Adolph Guyet<sup>+</sup>, Karl Rothe<sup>+</sup>  
alle drei nach Aufnahmen, die H. v. Eggeling freundlich  
dargeliehen hat. K. Rothe aus späterer Zeit auch <sup>6</sup> 335.
- Tafel 11. Abbes Wohnhaus nach <sup>24</sup> 70, wo auch nähere Angaben zu  
S. 154/55 finden sind; die Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter  
und der drei Rechner nach <sup>24</sup> 104.
- Tafel 12. Max Fischer<sup>+</sup> nach einer mir von seinen Töchtern freund-  
S. 158/59 lich dargeliehenen Aufnahme vergrößert.  
O. Schott<sup>+</sup> im Alter nach einem mir von Herrn H. Harting  
zur Verfügung gestellten Bildnis wiedergegeben.
- Tafel 13. Rudolph Straubel; zur Zeit von Abbes letzter Seereise  
S. 180/81 durch Frau Gocht auf dem Schiff gezeichnet.
- Tafel 14. Gedenkplatte Abbes nach <sup>24</sup> 89; sie ist auch auf seinem  
S. 188/89 Grabmal <sup>6</sup> 489 angebracht. Das Standbild hier nach <sup>24</sup> 25;  
eine Aufnahme von einem mehr seitlichen Standpunkt <sup>6</sup> 490.
- Tafel 15. Abbe<sup>+</sup> vermutlich um 1886 nach einer von Frau Unrein  
S. 208/09 dargeliehenen Aufnahme. Zeitbestimmung von Frau Unrein  
und mir nach den Änderungen gegen das Titelbild: der Bart  
ist noch nicht ergraut, und die Falten auf der Stirn fehlen.  
Letztes Bild von Abbe, ebenfalls auf der letzten Seereise  
von Frau Gocht verstohlen entworfen. Andere Bilder Abbes  
<sup>6</sup> Titelbild, <sup>6</sup> 278, <sup>6</sup> 429, <sup>6</sup> 469, <sup>6</sup> 477, <sup>24</sup> 114.
- Tafel 16. Nach <sup>24</sup> 116 verkleinert.  
S. 212/13
-

## I. Die Jahre der Vorbereitung (1846—66).

### Die Schulzeit.

Ernst Carl Abbe — wegen seines Stammbaums wolle man <sup>5</sup> einsehen — wurde als das ältere der beiden Kinder des Spinnmeisters an der Eichel-Streiberschen Fabrik Adam Abbe zu Eisenach am 23. Januar 1840 geboren und wuchs mit seiner jüngeren Schwester Sophie im Elternhause unter dürftigen Verhältnissen auf. Die Not der Zeit — man ließ damals die Arbeiter unerhört lange arbeiten — machte sich dem kleinen Knaben deutlich geltend. Er mußte, wenn nicht das Wetter zu schlecht war, seinem Vater das Mittagessen in einem Henkeltopfe in die Spinnerei bringen und wechselte dabei mit seiner Schwester ab. Er hat selber im Jahre 1901 die das Leben der Arbeiter verzehrenden Arbeitsverhältnisse mit den folgenden Worten <sup>3</sup> 241/42 geschildert:

„Und davon kann ich noch persönlich Zeugnis ablegen. „Ich selbst habe mit meinen eigenen Augen den Widerschein „gesehen. Denn mein Vater war Spinnmeister in Eisenach; „er hat bis Anfang der 50er Jahre jeden Tag, den Gott werden „ließ, 14, 15, 16 Stunden bei der Arbeit stehen müssen: 14 Stunden, von morgens 5 bis abends 7, bei normalem Geschäftsgang; 16 Stunden, von morgens 4 bis abends 8 Uhr bei gutem „Geschäftsgang — und zwar ohne jede Unterbrechung, selbst „ohne Mittagspause. Ich selbst habe als Junge zwischen 5 und „9 Jahren jeden Tag abwechselnd mit meiner um ein Jahr „jüngeren Schwester, wenn das Wetter nicht gar zu schlecht „war und die Mutter den sehr weiten Weg dann lieber selber „machte, meinem Vater das Mittagsbrot gebracht. Und ich „bin dabei gestanden, wie mein Vater sein Mittagessen, an „eine Maschine gelehnt oder auf eine Kiste gekauert, aus dem



„Henkeltopf in aller Hast verzehrte, um mir dann den Topf  
„geleert zurückzugeben und sofort wieder an seine Arbeit zu  
„gehen.

„Mein Vater war ein Mann von Hünengestalt, einen  
„halben Kopf größer als ich<sup>1)</sup>, von unerschöpflicher Robust-  
„heit, aber mit 48 Jahren in Haltung und Aussehen ein Greis;  
„seine weniger robusten Kollegen waren aber mit 38 Jahren  
„Greise. Das ist in Deutschland am grünen Holz geschehen;  
„denn die Eisenacher Fabrikherren waren menschlich hoch-  
„stehende Leute, wohlwollend und fürsorglich für ihre Ar-  
„beiter, wie ich an mir selbst erfahren habe. Was sie damals  
„geschehen ließen, haben sie, des bin ich sicher, geschehen  
„lassen mit äußerstem Widerstreben, in dem wehmütigen Ge-  
„danken, es könne nicht anders sein; und sie haben den Ruhm  
„für sich, daß sie unter den ersten gewesen sind, die in Deutsch-  
„land die Verhältnisse gebessert haben, als bekannt geworden  
„war, daß in England mit einer viel kürzeren Arbeitszeit das-  
„selbe wie mit der längeren Arbeitszeit geleistet würde.“

Sein oben angegebene Alter bringt uns auf die Jahre 1845—49; diese den Eltern geleistete Hilfe begann also schon ein Jahr vor dem Schulbesuch. Er war zunächst ein schwächliches Kind, klagte schon mit 4 Jahren über heftige Kopfschmerzen und litt auch unter schlimmen Krampfanfällen, die erst im 15. Lebensjahre verschwanden. In der Volksschule zeichnete er sich trotz seiner Schwächlichkeit vor den Mitschülern so sehr aus, daß er mit dem Eintritt in das 11. Lebensjahr, also zu Ostern 1850, nach dem Urteile seiner Lehrer der Volksschule entwachsen war, und man den Wunsch hatte, ihn die höhere Anstalt besuchen zu lassen.

In das Ende seiner Zeit als Volksschüler fielen politische Ereignisse, die auf den Knaben einen großen Eindruck gemacht haben. Es trafen in Eisenach Flüchtlinge aus Dresden ein, die von dort entwichen waren, als der Aufstand vom 4. bis zum 9. Mai 1849 durch sächsische und preußische Truppen nieder-

1) Abbe selbst maß fast 2 m, war aber sehr hager.

geworfen wurde. Wir besitzen eine ungemein lebhaftc Schilderung <sup>8</sup> 54/60 dieser Tage in den Briefen, die der damalige Obersekundaner Heinrich v. Treitschke über diese Zeit an seinen damals in der Nordmark kämpfenden Vater geschrieben hat. Es ist anzunehmen, daß die Flüchtlinge in Eisenach weniger von ihren recht nachdrücklichen Umsturzversuchen gesprochen und sich mehr als die Märtyrer einer guten, aber vom Unglück verfolgten Sache gegeben haben. Auch Vater Adam nahm einige Flüchtlinge <sup>6</sup> 25 bei sich auf, da ihm schon früh in der alten Burgmühle von den Spinnereibesitzern eine für seine geringen Bedürfnisse zu große Wohnung zugewiesen worden war. Ein verstecktes Zimmer darin, von dessen Vorhandensein er nur durch einen Zufall Kenntnis bekommen hatte, konnte den Flüchtlingen Obdach geben. Sie sind dort auch trotz mehrfachen Haussuchungen nicht entdeckt worden, und der kleine Ernst hat ihnen, wenn ein Besuch der Polizei drohte, durch unauffällige Zeichen Ruhe geboten. Seine Teilnahme war dabei, wie die seiner Umgebung, auf seiten der Flüchtlinge; er nahm besonders gegen Preußen Stellung, und es ist anzunehmen, daß die Abneigung <sup>a</sup> durch die Nachrichten noch verstärkt wurde, die im Laufe des Sommers von der Niederwerfung des badischen Aufstandes, ebenfalls durch preußische Truppen, nach Eisenach gelangten.

Kehren wir nun zu der Wahl der Schule zurück, so war in jener Zeit — 1850 — an ein Studium für Ernst nicht zu denken, und man wählte für ihn die dort im Jahre 1843 gegründete Realschule I. Ordnung, die damals noch nicht berechtigt war, ihre Zöglinge zum Besuche der Hochschule zu entlassen. Vater Adam erhielt durch die Besitzer der Spinnerei, die Gebrüder v. Eichel-Streiber <sup>b</sup>, für den Sohn die Befreiung vom Schulgelde, doch mußte er für den kleinen Ernst die Verpflichtung <sup>c</sup> übernehmen, sich nach dem Abgang von der Schule den Besitzern des Betriebes zur Verfügung zu halten, um vermutlich in die kaufmännische Abteilung eingestellt zu werden. — Von Michaelis 1854 erhielt er auch noch <sup>d</sup> eine sogenannte landes-

herrliche Freistelle, die im Erlaß des 15 Rth. jährlich betragenden Schulgeldes bestand.

Abbe selber hat später <sup>3</sup> 59  $\alpha$  zu dieser Zeit bemerkt, daß sein „Vater nur mit größtem Widerstreben Wohltaten sich gefallen lassen mochte“. Damit stimmt auch die auf Abbes Studienzeit zu beziehende Bemerkung <sup>31</sup> 216  $\alpha$  überein: „Charakteristisch ist es, daß der Vater, dem Abbe besonders geistesverwandt gewesen zu sein scheint, in starrem Arbeiterstolz die von seinem Arbeitgeber von neuem angebotene, früher nur widerwillig angenommene Unterstützung von nun an ablehnte.“ Es ist wohl möglich, daß M. Vollert (als Stiftungskommissar seit 1899) die Bemerkung <sup>3</sup> 59  $\alpha$  kannte oder sogar gelegentlich aus Abbes Munde eine solche Erinnerung gehört hatte.

Die Schule hatte eine hervorragende Lehrerschaft; der Schulleiter war G. A. Köpp, zu dem Abbe noch 45 Jahre nach seiner Schlußprüfung persönliche Beziehungen unterhielt. Er hat sich um den begabten Jungen wirklich gekümmert; in der Köppschen Familie hat sich die Erinnerung <sup>e</sup> erhalten, daß Abbe fast jeden Sonnabend das Mittagessen am Tische seines Direktors eingenommen habe. Aber auch der Lehrer für Naturgeschichte F. Senft, ferner Tycho Mommsen — der Bruder des Historikers Theodor M. —, sowie Fr. Koch, der Lehrer für Englisch und Deutsch, waren für Abbes Ausbildung sehr wichtig. Er trat Ostern 1850, im 11. Lebensjahre, in die Sexta ein und verließ die Schule, die eigentlich einen 8jährigen Lehrplan hatte, bereits zu Ostern 1857, eben in das 18. Lebensjahr eingetreten, da er die Prima nur ein Jahr lang hatte zu besuchen brauchen.

Der Ton in der Schule war sehr ansprechend, und <sup>6</sup> 37/38 in dem unter Senfts Leitung stehenden „Naturwissenschaftlichen Verein“ war die auf die fortgeschrittenen Schüler ausgeübte Anregung groß. Aller 14 Tage kam man zu einem Vortrage mit nachfolgender Besprechung zusammen, und zwar wurde jedem Mitgliede ein bestimmtes Wissensgebiet für seine Vorträge zugeteilt. Bei Abbe war das Mathematik, Physik und Astronomie. Verschiedene alte Schüler haben auch später noch von diesen Sitzungen gesprochen.

Man wird es dem begabten Jungen zutrauen, daß er seine ganze Kraft einsetzte, um das Ziel der Schule zu erreichen, und seiner Familie gereicht es zur hohen Ehre, daß man <sup>6</sup> 37 $\alpha$  im Hause nach Möglichkeit auf ihn Rücksicht nahm: wenn er arbeitete, mußte sich im Zimmer jedwedes Familienmitglied ruhig verhalten. Da er bei der Abschlußprüfung auch in dem damals in Eisenach wahlfreien Latein geprüft wurde, so wird ihm vermutlich früh von einem Lehrer empfohlen worden sein, auch dieses Fach mitzunehmen.

Gelegentlich hat er Mitschülern Nachhilfeunterricht gegeben, um sich ein wenig Geld zu verdienen. In verschiedenen Fächern ist er über die Anforderungen der Schule hinausgegangen, wie die Beurteilung seiner Lösung der physikalischen Aufgabe erkennen läßt. Auch Arbeiten von K. Fr. Gauß habe er gelesen, wobei er den Nutzen des Lateinunterrichts in seinem eigenen Bereich empfinden konnte.

Sehr dankbar hat er nach den vorliegenden Berichten die Erlaubnis des Stadtrichters Trunk aufgenommen, dessen mechanische Werkstatt zu benutzen. Er hat dort den Anfang mit Arbeiten an der Drehbank gemacht, und man wird annehmen können, daß er später bei wichtigeren technischen Aufgaben aus dieser Schulung einen gewissen Nutzen gezogen hat.

Von seinen Mitschülern hat ihn das Leben bald getrennt; einzig und allein C. Martin und der über 2 Jahre jüngere L. Pfeiffer sind mit ihm später in engerer Beziehung geblieben.

Hier mag der kleine Ausblick auf die Jugendjahre Abbes eingeschaltet werden, den uns einer der Nachrufe <sup>31</sup> 215 $\omega$  gerettet hat. „Im übrigen war seine Kindheit und erste Jugend „so von elterlicher Liebe umhegt und behütet, daß er, wie er „wiederholt versichert hat, damals und auch später, als Student, „eigentlich nichts entbehrte und immer heiter und zu- „frieden war.“

Inzwischen näherte sich bald nach Abbes 17. Geburtstage die Zeit der Abschlußprüfung, und schon aus der ihm erteilten Vergünstigung, die Prima nur ein einziges Jahr zu besuchen, kann man erkennen, wieviel Zutrauen die Lehrer in ihn setzten. Über die Abgangsprüfung sind wir durch frühere (<sup>6</sup> 41/43,)

sowie auch durch spätere <sup>14</sup>, <sup>32</sup>, <sup>16</sup> Mitteilungen in Einzelheiten unterrichtet. Im Abgangszeugnis überwiegt ein „recht gut“, und zwar ist diese Bewertung in allen naturwissenschaftlichen Fächern, sowie in Deutsch und Englisch erteilt worden.

Der Prüfling nahm also auf die Universität die Fähigkeit mit, wissenschaftliche Arbeiten in Französisch, Englisch und auch in Lateinisch zu lesen. Abbe hat später <sup>6</sup> 452/54, am 13. Mai 1900, seine volle Zufriedenheit mit den in Eisenach erworbenen Kenntnissen ausdrücklich ausgesprochen.

Der Prüfungsausschuß entließ den Prüfling mit den besten Wünschen zum Studium von Mathematik und Physik auf der Landesuniversität, wofür der Lehrerschaft der Anstalt ein Vierteljahr vorher (vgl. <sup>6</sup> 40  $\omega$  genauer am 17. Dezember 1856) die Befugnis erteilt worden war.

Schon in der letzten Zeit vor der Prüfung hatte man sich im Abbeschen Elternhause entschieden, den Sohn des Hauses in Jena studieren zu lassen, obwohl man ihm nur ganz geringfügige Mittel zur Verfügung stellen konnte. Es ist beweglich, wenn man <sup>31</sup> 216  $\alpha$  hört, „daß [der Vater] bei äußerster Sparsamkeit und unter Heranziehung aller Hilfsmittel dem Sohne „85 Rthlr. jährlich auf die Universität mitgeben konnte, wozu „dann später noch ein Stipendium von 5 Rthlr. hinzukam“. Man wird dazu aber noch S. 10  $\beta$  vergleichen müssen. Der junge Student mußte außerdem auf Stipendien, Freitische und den Erwerb durch Nachhilfestunden rechnen.

Dem jungen Manne blieb als nächste Aufgabe noch die Auseinandersetzung mit den Besitzern der Fabrik, denen gegenüber ja (s. S. 3  $\omega$ ) der Vater vor dem freien Besuche der Schule gegen Ostern des Jahres 1850 die Verpflichtung übernommen hatte, den Sohn nach vollendeter Schulzeit zur Verwendung im Betriebe bereit zu halten.

Ernst Abbe begab sich, sogleich nachdem er die Prüfung bestanden hatte, zu dem leitenden Herrn v. Eichel-Streiber und erklärte (s. a. <sup>6</sup> 86  $\omega$ ) ihm, daß er sich für eine Ausbildung im Geschäft nicht eignen würde, da es sein sehnlichster Wunsch sei, zu studieren, während er für das Geschäftsleben sich un-

geeignet fühle. Die Unterredung sei lang und erregt gewesen, auch ist nichts Genaueres davon bekannt; das Ergebnis war aber, daß Abbe seinen Willen durchsetzte.

Daß er später von den Gebrüdern v. Eichel-Streiber beim Studium merklich unterstützt worden ist, wird auf S. 10 $\beta$  zu zeigen sein; auf jeden Fall muß man der Fabrikleitung dafür Dank wissen, daß sie den begabten Schüler schon durch die Freistelle für seinen Lebensberuf gut ausbilden ließ und ihm auch später noch ansehnliche Beihilfen zuteilte.

### Das Studium und die Zeit in Frankfurt a. M.

Der junge Student bezog also nach Ostern 1857 die in seinem Heimatländchen, dem Großherzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach, gelegene Landesuniversität Jena.

Um sich einen Begriff von der neuen Umgebung zu machen, muß man etwas auf Jena und seine Hochschule in den 50er Jahren eingehen. Es handelte sich <sup>6</sup> 49 um ein Städtchen von etwa 7000 Einwohnern und 2000 Haushaltungen ohne größere Industrie und Handel, auf lange Jahre noch nicht an den Bahnverkehr angeschlossen. Die nächste Bahnstation an der von Halle nach Bebra führenden Linie war das von Jena auf der Landstraße 14 km entfernte Apolda. Die Anzahl der Studenten lag um 400 herum, von denen etwa die Hälfte aus Norddeutschland stammte, und man erkennt, daß im Durchschnitt jede 5. Haushaltung einen Studenten zu beherbergen hatte.

Im einzelnen waren im Sommersemester 1857 davon

	Zahl	v. Hundert
Theologen . . . . .	103	27.0
Juristen . . . . .	78	20.4
Mediziner . . . . .	52	13.6
Philosophen . . . . .		
Geisteswiss. . . . .	89	23.3
Naturwiss. . . . .	60	15.7
Im ganzen:	382	100.0

Der Zuschuß der Erhalterstaaten betrug <sup>6</sup> 52 um die Zeit von Abbe's Eintritt in unserm Gelde 75000 M., wovon etwa 38000 durch Sachsen-Weimar-Eisenach zu decken waren. Die Gehälter der Professoren waren nach der gleichen Quelle un-  
gemein dürftig: nicht selten 600 M., so daß ein Gehalt von 900 M. schon als stattlich galt. Natürlich war das Leben entsprechend billig, und wir hören <sup>6</sup> 60, daß unser Student für seine erste (allerdings verwanzte) Wohnung mit Kaffee im Semester nur 10.50 M. gezahlt habe.

Die Vorlesungen, die Abbe in den 4 Semestern seines Jenaer Aufenthalts gehört hat, sind <sup>6</sup> 54/55 verzeichnet.

Von mathematischen Lehrgängen hat er bei H. Schäffer nur 2 Vorlesungen belegt, bei K. Snell im ganzen 8, also im Durchschnitt 2 in jedem Semester, naturwissenschaftliche je eine bei J. Schleiden und bei E. E. Schmid. Die übrigen Fächer gehören zu den Geisteswissenschaften.

Von größtem Einfluß auf Abbe ist K. Snell gewesen, doch braucht man nur seinen Nachruf auf H. Schäffer zu lesen, um zu erkennen, daß er sich auch ihm sehr verpflichtet fühlte.

Von dem Jenaer Studentenleben, wie es etwa Fritz Reuter 25 Jahre zuvor in Jena geführt hatte, hielt sich schon aus Geldmangel Ernst Abbe vollkommen fern. Er arbeitete mit großem Eifer und zu aufrichtiger Anerkennung seiner Lehrer. Mit zwei Schulkameraden, Medizinern, Carl Martin und L. Pfeiffer, ist er, wie (S. 58) bemerkt, zeitweilig zusammen gewesen, mit dem letzten hat er in seinen beiden Jenaer Schlußsemestern auch die Wohnung geteilt. Ostern 1858 machte er die Bekanntschaft eines etwas älteren Studenten Heinrich Eggeling aus Helmstedt. Ganz im allgemeinen duzten sich die Jenaer Studenten damals, und diese beiden sind auch später dabei geblieben.

Abbe hat nach seiner Lebensbeschreibung einige geringfügige Stipendien gehabt und einen Freitisch. Ferner hat er <sup>19</sup> 6 im dritten Semester, also im Sommer 1858, die von der philosophischen Fakultät in Jena gestellte Aufgabe gelöst: „Es wird gefordert, eine historische Darstellung und eine Beurteilung

„der wichtigsten Arbeiten der Physiker, durch welche dieselben  
 „die bei einer Volumänderung der Gasarten innerhalb der Grenzen  
 „ihrer Permanenz entstehenden und verschwindenden Wärme-  
 „mengen theoretisch oder experimentell zu bestimmen gesucht  
 „haben.“ Er hat dafür den ersten Preis (40 Rthlr. und eine  
 silberne Schaumünze) erhalten. Sein Motto sei gewesen: „*Ars  
 usu, studio sapientia crescit.*“ In dem Berichte, den der Kurator  
 Seebeck<sup>1)</sup> am 3. September 1858 über das Ergebnis der Preis-  
 bewertung seiner Regierung abstattete, ist bemerkt, „daß  
 „Abbes Arbeit die sachkundigen Fakultätsmitglieder ganz be-  
 „sonders befriedigt, obschon Abbe erst im 3. Semester steht und  
 „keineswegs durch äußere Mittel unterstützt ist. Seine Lehrer  
 „versichern, daß er mit dem unzweifelhaften Beruf für die Wissen-  
 „schaft geboren sei“. Der berichterstattende Kurator ergreift  
 deshalb gern die Gelegenheit, auf ihn aufmerksam zu machen  
 und ihn für vorkommende Fälle fördersamer Huld zu empfehlen.

Mit diesem Bericht stimmt es gut überein, daß Abbe<sup>6</sup> 64ß  
 am 3. Juni 1858 in der von H. Schäffer geleiteten mathe-  
 matischen Gesellschaft einen Vortrag unter dem Titel: „In-  
 „duktorischer Nachweis der Äquivalenz von Wärme und Arbeit  
 „bei permanenten Gasen“ gehalten habe.

1) Über den Kurator Moritz Seebeck, dessen Wirkung in Jena  
 noch auf S. 16/17 etwas genauer geschildert werden soll, werden einige zeit-  
 liche Angaben am Platze sein. Nach einem Studium hauptsächlich in  
 Berlin bestand er sehr jung die Oberlehrerprüfung und war 5 Jahre lang  
 von 1830—35 zuerst als Lehrer, dann als Hilfsarbeiter im Kultusmini-  
 sterium unter Altenstein im preußischen Dienste beschäftigt. Am  
 18. April 1835 trat er, von seinen Berliner Vorgesetzten lebhaft empfohlen,  
 in den Meiningischen Staatsdienst über und wurde im Sommer mit der  
 Erziehung des damals im 10. Lebensjahre stehenden Erbprinzen Georg  
 betraut, von der er zu Ostern 1845 zurücktrat, weil das Ziel erreicht war.  
 Nach weiteren 3 Jahren als Oberkonsistorialrat in Meiningischen Diensten  
 legte er am 19. März 1848 sein Amt nieder und wurde im Sommer für  
 3 Jahre Gesandter bei der provisorischen Zentralgewalt in Frankfurt a. M.  
 Nach deren Auflösung übernahm er am 18. April 1851 die Kuratel der  
 Thüringischen Landesuniversität in Jena, wo er dem alten Märzminister  
 v. Watzdorf in Weimar zur Hand ging; unmittelbar unterstellt war er  
 dem damaligen Staatsrat Gottfried Stichling. Nach einer sehr erfolg-  
 reichen Amtsführung legte er am 15. September 1877 sein Amt nieder



Vielleicht fällt die Preisaufgabe der Herzogl. Sachsen-Altenburgischen Josephinischen Stiftung, von der <sup>6</sup> 64/65 (ohne Zeitangabe und mit verändertem Titel, aber aus dem gleichen Gebiet mit einem Preis von 50 Rthlrn.) berichtet ist, mit der bereits oben angeführten zusammen. Jedenfalls ist es bemerkenswert, daß sich Abbe damit, ohne es selber zu wissen, dem Kurator Seebeck empfahl, was ihm später Früchte tragen sollte.

Auerbach erwähnt an der gleichen Stelle noch eine zweite Preisaufgabe für die mathematische Begründung des Foucaultschen Pendelversuchs, die ihm 20 Rthlr. eingebracht habe. Außerdem <sup>6</sup> 65 $\alpha$  wäre man in Eisenach auf ihn aufmerksam geworden und hätte ihm (von seiten der Stadt?) ein Stipendium verliehen. — Glücklicherweise gibt die mir von Frau G. Unrein zur Verfügung gestellte Sammlung seiner an C. Martin gerichteten Briefe <sup>1</sup> unter dem 16. September 1860 die gewünschte Auskunft. Er hat danach für die Jahre 1859 und 1860 je 200 Rthlr. Unterstützung von der Eichelschen Familie und außerdem 40 Rthlr. Stipendium [wohl aus Eisenach] bezogen. Vermutlich geschah das auf seine Preisarbeit von Jena vom Sommer 1858 hin.

Weiterhin wird <sup>6</sup> 65  $\beta$  bemerkt, daß Abbe schon als Student, also zwischen Ostern 1857 und Ostern 1859, in der Zeissischen Werkstätte verkehrt, auch nach einer Mitteilung von L. Pfeiffer ein Trichinenmikroskop erbaut habe, doch wird diese Vermutung <sup>24</sup> 19  $\zeta$  durch die Zeissischen Preislisten nicht gestützt.

Daß er sich durch Erteilung von Unterricht Nebeneinnahmen beschafft hat, ist sehr wahrscheinlich, doch wird sich vermutlich die kurze Erwähnung <sup>6</sup> 60  $\gamma$  solchen Unterrichts in der Stoyschen Anstalt nicht auf diese Zeit beziehen, sondern (s. S. 19  $\omega$ ) erst auf die Jahre als Privatdozent.

Am 15. Mai 1859 ließ Abbe sich exmatrikulieren, und ging nach seinem *curriculum vitae* <sup>6</sup> 86  $\omega$  auf den Rat K. Snells zunächst nach Göttingen, da er sich mit der Vorbildung in Jena allein nicht begnügen wollte. Daß er einen besonderen Vorteil

für Göttingen darin gefunden habe, daß es nicht zu Preußen gehörte, erwähnt Auerbach ausdrücklich. Es wird sich dabei wohl um eine der vielen Sagen handeln, die sich an die eigenartige Persönlichkeit Abbes angesetzt haben, denn nach <sup>f</sup> findet sich dafür in seinem Briefe vom 16. September 1860 keinerlei Bestätigung, ja er hat darin gerade seinen lebhaften Wunsch, auf einige Zeit nach Berlin zu kommen, eingehend behandelt.

Abbe beschäftigte sich in Göttingen sofort mit großem Eifer mit seiner Weiterbildung, und auch hier sind <sup>6</sup> 71/72 die Gegenstände der von ihm gehörten Vorlesungen mitgeteilt worden. Von größerem Einfluß auf ihn waren der Mathematiker Bernhard Riemann und der Physiker Wilhelm Weber. Er hat auch noch bei einem ihm freundlich gesinnten Mathematiker Moritz Stern fast regelmäßig gehört, dessen Vorlesungen er (s. <sup>6</sup> 70\*) am Schluß seines Studiums aber als recht trocken kennzeichnet. — Abbe hat in Göttingen bei J. B. Listing im Sommersemester 1859 Optik gehört. Leider scheint dieser im Hinblick auf die Arbeiten Joh. Müllers 1825/26 und A. W. Volkmanns 1836 über die Augendrehung damals keinen ihrer Bedeutung entsprechenden Hinweis in das von ihm behandelte Gebiet aufgenommen zu haben. Er hat dadurch dazu beigetragen, daß Abbe zu den verschiedenen Malen — 1879 und nach 1888 —, wo er sich mit dem holländischen Fernrohr beschäftigte, die Aufgabe unrichtig ansetzte, d. h. nicht auf die Unterstützung des blickenden Auges ausging. Zu einer Behandlung der Brille und der schwachen Lupen ist Abbe dementsprechend auch nicht gekommen. — Sonst scheint <sup>6</sup> 91/92 noch der Astronom und Meteorologe E. Fr. W. Klinkerfues auf ihn eingewirkt zu haben.

Unter den Studenten hat er im Wintersemester 1859 wieder mit dem dorthin übersiedelnden H. Eggeling in freundschaftlicher Weise verkehrt und nach dessen Angaben auch noch mit dem späteren Meteorologen W. v. Bezold, ferner mit H. Weber und F. Kohlrausch. Nicht viel für die vor-

liegende Darstellung, aber um so mehr für Abbes Innenleben bedeutete die in Göttingen mit dem Fachkollegen Harald Schütz, einem mathematisch und auch sprachlich ungewöhnlich begabten Altersgenossen, wohl bereits im Sommersemester 1859 <sup>6</sup> 73 ff geschlossene enge Freundschaft, worüber man bei Auerbach viel findet. Für sein Berufsleben ist diese romantische Freundschaft von keiner tieferen Bedeutung gewesen.

Die Wohnungs- und Lebensverhältnisse in Göttingen waren merklich kostspieliger als die in Jena, doch hat er — von den obigen Stipendien abgesehen — teils durch Privatunterricht <sup>6</sup> 86  $\beta$  an In- und Ausländer, teils durch die Lösung von Preisaufgaben <sup>6</sup> 78/79 die nötigen größeren Mittel zu erwerben verstanden.

Obwohl er <sup>6</sup> 83 auf einem Ferienausfluge nach Jena, Ende September 1860, den Plan gefaßt hatte, sich zu Ostern 1863 in Jena zu habilitieren, so entschloß er sich doch, schon in Göttingen zu promovieren, weil ihm die bald zu besprechende Beschäftigung in Frankfurt a. M. den Besitz eines akademischen Grades wünschenswert machte.

Die Doktorarbeit <sup>6</sup> 89  $\beta$  sowie <sup>29</sup> 40 ist von W. Weber außerordentlich günstig beurteilt worden; die Prüfung selbst wurde am 16. März 1861 abgehalten, und zwar prüften W. Weber in der Physik und B. Riemann in der Mathematik. Den letztgenannten Prüfer hatte Abbe in erster Linie deshalb gewählt, weil seine Ansprüche in der Studentenschaft als besonders hoch gefürchtet waren. Von der lateinischen Disputation war er auf sein mit ungenügender Kenntnis des Lateinischen begründetes Gesuch hin befreit worden, und er wurde eine Woche danach, am 23. März, zum Doktor promoviert.

Da nun nach der gesetzlichen Vorschrift ein Zwischenraum von mindestens zwei Jahren den Tag der Promotion von dem der Habilitation trennen mußte, so hatte sich Abbe für diese zwei Jahre eine Beschäftigung zu schaffen. Durch seinen Freund H. Schütz wurde er mit Moritz Meyerstein, dem Inspektor der Göttinger Werkstätte der Gebrüder Meyer-

stein, bekannt. Wie berichtet wird, hat Abbe sich in der Fabrik mit mechanischen Arbeiten, Drehen, Feilen und Schleifen, befaßt. Er hat sich auch rechnerisch für diese Werkstätte beschäftigt <sup>6</sup> 91 $\beta$  und Meyersteins Abhandlung <sup>21</sup> über ein vereinfachtes Spektrometer durchgearbeitet und verbessert. — Durch M. Meyerstein kam er mit E. Fr. W. Klinkerfues in Beziehung und wurde für kurze Zeit Assistent an der Sternwarte. Dabei überarbeitete er sich aber, und es war günstig, daß ihm inzwischen in Frankfurt a. M. eine neue Stellung geboten wurde.

Schon in dem letzten Göttinger Semester, nämlich am 24. Mai 1861, war er nach Frankfurt gereist, um tags darauf seinen Probevortrag vor dem Physikalischen Verein zu halten, der einen Assistenten mit einem Gehalt nicht unter 400 Gulden (= 686 M.) anstellen wollte. M. Stern hatte dabei hilfsbereit den Mittelsmann gemacht. Leider wurde Abbe am 25. Mai, dem Tage des Vortrags, von einem besonders heftigen Anfall seiner Kopfschmerzen betroffen, und war erst am 29. Mai fähig, den Vortrag über die physikalischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis zu halten. Empfohlen war Abbe an zwei Ärzte in dem Vorstande, den damals 62jährigen Johann Balthasar Lorey, seit 1845 Arzt an dem Senckenbergischen Bürgerkrankenhause, und den damals etwa 50jährigen Joseph Wallach, der sich ihm besonders freundlich zeigte.

Eine endgültige Entscheidung kam nicht zustande, weil der Vorstand nicht in sich einig war. Daher verpflichtete man Abben nur für den nächsten Winter, wozu die Genehmigung der Vollversammlung nicht eingeholt zu werden brauchte. Er selber <sup>8</sup> hat später von dieser Stellung als der eines Lehrers der Physik beim Physikalischen Verein gesprochen.

Nach schönen Ferien in Eisenach hat er das Wintersemester in Frankfurt zeitig angetreten und nicht nur an den Donnerstag-Abenden eine Reihe von Vorträgen über die Wärme und ihre Verwendung gelesen, sondern sich auch an den Samstag-Vorträgen über wechselnde Gegenstände beteiligt.

Die Tage und die Gegenstände dieser Vorträge sind uns <sup>6 99</sup>β erhalten; der letzte fand am 22. März 1862 statt.

Das Gehalt <sup>6 98</sup>α hatte man anscheinend auf 800 Gulden (=1371 M.) im Jahre erhöht, und Gelegenheit zu Neben-erwerb war vorhanden. So hielt er <sup>6 100</sup>β vor dem Naturwissenschaftlichen Verein in Offenbach 15 Vorträge über Elektrizitätslehre zu 15 Frdrdor. (=15×16.83 M. = 252 M.), hat diese Tätigkeit aber nicht fortgesetzt.

Die Stellung am Physikalischen Verein wurde Abben von der Generalversammlung nicht übertragen, doch ließ er sich (<sup>6 106</sup> Mitte) für den Sommer 1862 von seinen Frankfurter Freunden bewegen, vor einigen zwanzig Hörern zu den alten Bedingungen eine Reihe von Vorträgen zu halten, deren Gegenstand uns glücklicherweise aus Abbes Brief <sup>h</sup> an C. Martin vom 27. April 1862 bekannt geworden ist. Es handelte sich um „Wechselbeziehungen zwischen Naturkräften und Naturprozessen“. Diesen Gegenstand hoffte er, seinen Hörern schmackhaft zu machen.

Die Sorge um seinen Unterhalt zu Frankfurt im Herbst 1862 ließ ihn nach <sup>i</sup> seinem Briefe vom 31. August an H. Schütz an die Erteilung von Privatunterricht denken. Dabei eröffnete sich ihm durch die fürsorgliche Güte seines alten Direktors G. A. Köpp unvermutet eine reichlich fließende Erwerbsquelle, die ihm in dieser Zeit werktäglich 3 fl, also monatlich 78 fl — 44.6 Rthlr. = 134 M. — einbrachte.

Von seinem Leben ist uns nicht viel erhalten. Es wird uns gelegentlich berichtet, daß er gern das Theater besucht und (<sup>6 106</sup> Ende) einige Reisen gemacht habe, zu Pfingsten 1862 nach Auerbach mit Vater und Schwester einen Ausflug nach Meiningen und Schloß Landsberg, im Sommer 1862 nach der gleichen Quelle mit H. Schütz eine Rheinreise, auf der die Sternwarte in Bonn eingehend besichtigt wurde. Daß er regelmäßig die Volkszeitung gelesen habe, wird uns ausdrücklich mitgeteilt. Man kann auch verstehen, daß die Meinungsverschiedenheiten zwischen dem Könige und dem Abgeordneten-hause in der Heeresfrage einen demokratisch gesinnten Mann

immer stärker in den Gegensatz zu jener Politik führen mußten, die König Wilhelm im Herbst des Jahres 1862 einschlug.

In seiner Frankfurter Zeit hat Abbe zwei Arbeiten in dem Jahresbericht des Physikalischen Vereins veröffentlicht, deren erste <sup>2</sup>33/40 durch die regelmäßigen astronomischen Beobachtungen vom Paulsturm her veranlaßt war. Das alte urtümliche Sehzeichen zum Ausrichten des Beobachtungsfernrohrs konnte nur zu Zeiten benutzt werden, wo es deutlich sichtbar war, schloß also die Nächte aus, und es sollte daher durch einen Kollimator mit Fadenkreuz ersetzt werden, der seine Dienste bei jedem Wetter und jeder Beleuchtung leistete. Die ganze Einrichtung hatte billig zu sein und doch hohe Ansprüche an Genauigkeit zu erfüllen. Zu diesem Zwecke brachte Abbe Marke und Kollimatorlinse auf derselben steinernen Fußplatte der Turmdecke, und zwar auf niedrigen Steinpfeilern von 20 und 60 cm Höhe, an. Die Kollimatorlinse von 3 cm Durchmesser war ein einfaches schwaches Brillenglas von etwa +1.25 m Brennweite (+0.8 dptr in unserer heutigen Bezeichnung), wobei die geringe Öffnung des austretenden axialen Bündels von  $\frac{3 \text{ cm}}{125 \text{ cm}} = \frac{1}{42}$  auf die Farbenhebung verzichten ließ. Freilich mußte bei der Ausrichtung das Beobachtungsfernrohr um etwa 20° unter die Horizontale geneigt werden, aber die Kosten der sonst merklich höheren und schwereren Pfeiler für den Kollimator sollten eben vermieden werden. Bei der durch J. B. Lorey und ihn selber im Juni und September 1862 vorgenommenen Genauigkeitsprüfung ergab sich als wahrscheinlicher Fehler einer einzelnen Bestimmung der Winkelwert von 1'',68.

Die zweite <sup>2</sup>41/54 dieser beiden Arbeiten enthält keine Beschreibung eines neu gebauten Geräts, sondern nur einen Vorschlag zu einer veränderten Einrichtung der Meridian-Instrumente. Die Arbeit geht von einem Vorschlage C. A. Steinheils vom Jahre 1849 aus, ein Mittagsrohr (Meridian-Instrument) in der Art zu bauen, daß ein Fernrohr von Ost nach West gerichtet in ein waagrechtes Lager gelegt und mit einem vor dem Objektiv befestigten Planspiegel — bei Steinheil einem Reflexionsprisma — versehen mit dem Spiegel zusammen um seine eigene Achse gedreht werde; dann würden allmählich mit dieser Drehung alle Punkte des Meridians in das Gesichtsfeld geführt werden. Bei seinem Änderungsvorschlage hat Abbe nun das allgemeine Ziel im Auge, das Fernrohr von dem Meßapparat ganz abzutrennen und also allein den Spiegel meßbar um die Fernrohrachse umlaufen zu lassen, während das Fernrohr völlig unbewegt bleiben würde. Freilich würde man, wenn man in gleicher Weise wie sonst beobachten wollte, im Fernrohr noch ein mit dem Spiegel umlaufendes drehbares Fadennetz anbringen müssen. Ein Vorschlag in der Dissertation von Richard Mauritius 1862, den

umlaufenden Spiegel zu durchbrechen, um im Dingraum vor ihm in der Richtung der Fernrohrachse einen Kollimator aufzustellen, regte Abbe zu dem weiteren Ausbau seines Planes an, den um seine Achse umlaufenden Spiegel ebenfalls in der Verlängerung seiner Drehachse zu durchbrechen, die Spiegelachse aber zu durchbohren und in ihr jenen Kollimator anzubringen, so daß sich nun ein Fadenkreuz gleichzeitig mit dem umlaufenden Spiegel um durchaus den gleichen Winkel drehe: alsdann hinge die Beobachtung im Grunde nicht mehr von dem Fernrohr ab, und dieses diene nur dazu, dem Auge des Beobachters eine entsprechend erhöhte Sehschärfe zu verleihen.

Dem Leser dieser beiden Abhandlungen wird klar, wie wirksam für Abbe die Beschäftigung bei E. Fr. W. Klinkerfues gewesen sein mag, und in Einzelheiten wird auch eine Einwirkung der Meyersteinschen Werkstätte kenntlich.

### Die Habilitation und die ersten Jahre als Privatdozent.

Wie wir <sup>6</sup> 110 $\alpha$  hören, traf Ernst Abbe nach einer im Vaterhause zu Eisenach der Habilitationsschrift gewidmeten Vorbereitungszeit am 18. April 1863 in Jena ein und wurde sofort von K. Snell aufs freundlichste begrüßt. Seine Bewerbung um die Zulassung zur Habilitation <sup>j</sup> reichte er um Pfingsten herum — der Pfingstsonntag fiel in jenem Jahre auf den 24. Mai — ein. Die Gutachten der Fakultät und des Kurators M. Seebeck waren <sup>6</sup> 110/11 durchaus aner kennend.

Für diesen Mann (s. a. S. 9<sup>1</sup>), dessen wohlwollende Einwirkung Abbe noch öfter spüren sollte, wird hier die zusammenfassende Beurteilung Kuno Fischers <sup>13</sup> 6 $\beta$  anzuführen sein, der als Hochschullehrer unter ihm gewirkt hatte und seine Amtsführung aus eigener Kenntnis zu würdigen wußte.

„Er war ein Kurator in der wahren Bedeutung des „Wortes, der für sein schwieriges Amt in jeder Weise geschult „war, der seine Aufgabe pädagogisch nahm und zu nehmen „verstand, der die ihm anvertraute Universität nicht bloß „beaufsichtigen und als vornehme Figur repräsentieren, son- „dern in des Wortes höchstem Sinn ihr dienen wollte und „lange segensreiche Jahre hindurch gedient hat. Daß Herr-

„schen im Dienen bestehe, war sein Wahlspruch, gemäß  
 „seiner Neigung und Denkungsart; er fand im größten Maß-  
 „stab die Bestätigung und den weltgeschichtlichen Ausdruck  
 „dieser Wahrheit in der preußischen Geschichte und Staats-  
 „raison, die er im Schuldienst als Schüler und Lehrer, im  
 „Militärdienst als Soldat und Landwehrmann an sich selbst  
 „erfahren hatte. In diesem Sinne ist er stets ein echter Preuße  
 „gewesen und geblieben, obwohl von seinem fast achtzig-  
 „jährigen Leben nur fünf Jahre dem preußischen Staats-  
 „und Schuldienste gewidmet waren.“

Die sonst verlangte Ablegung der Staatsprüfung für das  
 Lehrfach wurde Abben erlassen, doch konnte am 8. August  
 die Disputation und die Probevorlesung abgehalten werden.  
 Übrigens hatte E. Abbe <sup>6</sup> 112  $\alpha$  bereits im Sommer in Snells  
 Auditorium gelesen und zwar über Bestimmte Integrale und  
 Potentialtheorie, frühe Vorlesungen, denen dann im Winter-  
 semester 1863/64 die — des späten Datums der Habilitation  
 wegen auch noch nicht in das Verzeichnis aufgenommenen —  
 weiteren Vorlesungen Allgemeine Mechanik, Über Meßinstru-  
 mente mit Demonstrationen folgten. Er hat zu gleicher Zeit  
 auch bei der von Snell gehaltenen Vorlesung über Experimen-  
 talphysik Hilfe geleistet.

Die Mittel zur Bestreitung der Kosten für seine Nieder-  
 lassung in Jena wurden einer Stiftung von 1000 Gulden  
 [= 1715 M. nach dem damaligen Umrechnungssatz] ent-  
 nommen, die (s. <sup>6</sup> 107  $\beta$ ) auf einen reichen Frankfurter Gönner  
 namens Michel Reiß (also wohl auf die letzten Winter-  
 monate 1862) zurückgeht.

Mit der Habilitation wurde Abbes sehnlicher Wunsch er-  
 füllt, dem er die wesentlich günstigeren Erwerbssaussichten in  
 Frankfurt ohne Zögern zum Opfer gebracht hatte, denn nach  
 seinen Erfahrungen in Jena von 1857—59 mußte er wissen,  
 daß der Boden dort ihm nur einen geringen Ertrag abwerfen  
 konnte. Es mag gleich hier erwähnt werden, daß er dem mit  
 Liebe ergriffenen Beruf sein ganzes Leben hindurch die Treue  
 wahrte. Die in alle Einzelheiten gehende Liste seiner in den



Vorlesungsverzeichnissen veröffentlichten Vorlesungen <sup>27</sup> 256 läßt erkennen, wie er die alten Hoffnungen festgehalten hat. Man kann sogar sagen, daß Abbe die freie Vereinigung wissenschaftlicher Männer an einer Hochschule als eine ideale Form der gegenseitigen Beziehungen erschienen ist, und daß er etwa das Beamtenverhältnis mit dem Vorgesetzten und den Untergebenen weit dahinter zurückstellte.

Das zeigt sich auch in seinen Beziehungen zu der Jenaer Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, in die er am 27. November 1863 als Mitglied aufgenommen wurde.

Herr A. Noll hat mir freundlicherweise die Ergebnisse seiner eingehenden Forschungen zugänglich gemacht, nach denen Abbe bis zum 29. Juni 1894 vor der Gesellschaft im ganzen 45 Vorträge gehalten hat, also etwa 3 in 2 Jahren. Die ganze Liste mit allen Einzelheiten wird hoffentlich im 2. Teil des 4. Bandes von Abbes Gesammelten Werken ihren Platz finden können.

Im vorliegenden Buche stehen Hinweise auf Abbes Veröffentlichungen in der Zeitschrift oder den Sitzungsberichten auf den Seiten 31  $\alpha$ , 46  $\beta$ , 48  $\gamma$ , 69  $\alpha$ , 86  $\beta$ , 104  $\beta$ , 106  $\beta$ , 108  $\gamma$ , 110  $\gamma$ , 114  $\alpha$ , 120  $\omega$ , 123  $\beta$ , 177  $\alpha$ .

Als Abbe dann, wie wir bald sehen werden, zu dem technischen Betriebe von Zeiss in Verbindung trat, da mögen ihm schon Ende der 60er Jahre Gedanken gekommen sein, daß er seine volle wissenschaftliche Freiheit nicht werde bewahren können. Wenn diese Möglichkeit ihm auch bereits Ende 1871 näherückte, so hat er <sup>8</sup> doch auch gegen das Ende von 1873 von seiner schon erfolgreichen Verbindung mit der Technischen Optik noch nichts nach außen verlauten lassen; aber diese Möglichkeit verdichtete sich 1875 zu einer sogar vertraglich <sup>26</sup> 166  $\zeta$  niedergelegten Notwendigkeit, und man kann erkennen, daß er 1878, wo er von der Stellung eines Wissenschaftlers mit großem Wirkungskreis endgültig Abschied nehmen mußte, doch <sup>26</sup> 174  $\varepsilon$  einen schneidenden Schmerz darüber empfand.

Um so fester aber wurzelte dann der Wunsch in ihm, der Jenaer alma mater eine Hilfe angedeihen zu lassen, da es ihm

versagt war, ihr in seinem Beruf wissenschaftlich so zu dienen, wie er es jedenfalls vorgezogen hätte.

Die Nachrichten über seine ersten Jenaer Jahre sind am besten den Briefen an H. Schütz zu entnehmen. Wir hören (<sup>6</sup> 122 Ende), daß er nach einem solchen Briefe am 12. Dezember 1863 damals Gerätschaften für sein Kolleg (über Meßinstrumente mit Vorführungen) bestellt habe und auf sie warte. Ein Name wird nicht genannt, doch wird man an Carl Zeiss als den Mechaniker denken müssen, der mindestens seit der Mitte des Novembers für ihn arbeitete. Da Carl Zeiss <sup>24</sup> 11 ζ seit dem 27. Oktober 1860 als Universitätsmechaniker in Pflicht genommen worden war, so lag eine solche Beziehung ganz nahe, und bei der großen Dürftigkeit zeitlich gesicherter Beziehungen aus dem Beginn ihres Zusammenarbeitens wird man zunächst dafür an die Mitte des Novembers 1863 denken müssen.

Im übrigen aber beschäftigten Abben nach einem an H. Schütz unter dem 7. April 1864 gerichteten Briefe <sup>6</sup> 128 damals besonders rein mathematische Überlegungen.

Die ersten Vorlesungen brachten <sup>6</sup> 124 β etwas ein, und zwar die allgemeine Mechanik 20 Rthlr.; die Meßinstrumente mit Vorführungen sind vielleicht als Publikum gelesen worden, da an jener Stelle kein Honorar erwähnt ist. Er wird wohl von dem Rest der Reißischen Stiftung gelebt haben, und man hört <sup>6</sup> 132 ω, daß er zu dem Aushilfsmittel gegriffen habe, an einer der Jenaer Privatschulen Unterricht zu erteilen; vermutlich gehört hierher die auf S. 10 ψ besprochene Erwähnung der Stoyschen Anstalt. Jedenfalls hat er <sup>6</sup> 132/33 im Jahre 1865 Schulden gemacht, und er mußte dem Kurator Seebeck erklären, daß er seine Stellung an der Universität aus Geldmangel nicht mehr aufrechterhalten könne; er denke vielmehr daran, diese Stellung aufzugeben, das Staatsexamen zu machen und sich um eine Stelle als Lehrer an einem Realgymnasium zu bewerben. Näheres zu seiner Lage erkennt man aus dem sogleich aufzuführenden Seebeckschen Berichte, und man möchte daraus schließen, daß Abbe schon damals ein herz-

liches Zutrauen zu dem viel älteren und ihm wohlgesinnten Kurator empfunden habe.

Um dieselbe Zeit hatte K. Snell dem Geh. Staatsrat Stichling in Weimar die Bitte um eine Unterstützung Abbes aus Staatsmitteln ausgesprochen, wie wir das aus dem von H. Eggeling zur Veröffentlichung an S. Czapski gesandten Berichte wissen. Als nun das Snellsche Gesuch zum Bericht an M. Seebeck überwiesen worden war, hat unter dem 23. April 1865 der Kurator „auf das Wärmste die Bewilligung von 200 „Thlrn. befürwortet. Abbe habe die gelegentlich seiner Habilitation geäußerten Erwartungen bestätigt und könne gar nicht „entbehrt werden, wenn den Bedürfnissen allseitig entsprochen „werden solle. Bei seiner vorragenden wissenschaftlichen Be- „gabung und seinem eisernen Fleiße verspreche er noch sehr „bedeutendes zu leisten, namentlich auch Schüler heranzubilden. „Sein Vater hätte gehofft, den Sohn hier erhalten zu können, „aber obwohl der Sohn in völliger Zurückgezogenheit lebe, „seien die Unterstützungen, die der Vater zu bieten vermöge, „auf die Dauer nicht genügend, und es bestehe die Gefahr, daß „Abbe, wenn er nicht anderweit unterstützt werde, die aka- „demische Tätigkeit aufgeben und Jena verlassen müsse, was „im Interesse der Universität und der Wissenschaft, der er noch „vieles zu leisten verspreche, sehr zu beklagen wäre. Snell „verbürge, daß Abbe wie schon durch die Lehrwirksamkeit so „auch durch tüchtige literarische Leistungen demnächst eine „Unterstützung rechtfertigen würde. Zur Zeit sei er mit der „Bestimmung des magnetischen Meridians von Jena beschäftigt „und erfülle hiermit eine Aufgabe, der auf Humboldts An- „regung schon die meisten deutschen Universitäten sich unter- „zogen haben.“

Man kann aus diesem wohlwollenden Bericht die Bestätigung jener von Abbe geäußerten Befürchtungen entnehmen, und man wird verstehen können, daß ihm die Teilnahme des Kurators an sich schon erfreulich war, daß ihn aber besonders die aktenmäßig am 6. Juni 1865 erfolgte Bewilligung von 200 Rthlrn. beglückt hat. Diese Vergütung wurde zunächst

jedes Jahr wiederholt, und man wird annehmen können, daß damit etwa die Höhe der Reißischen Unterstützung (s. S. 17 $\gamma$ ) umgerechnet für ein einzelnes Jahr, nunmehr aus Staatsmitteln, sichergestellt wurde.

Die alte (s. S. 8 $\alpha$ ), erwähnte Knappheit der Professorengehälter in Jena wird weiter bestanden haben, denn wenn sich auch der Zuschuß der Erhalterstaaten zu der gemeinsamen Hochschule im Jahre 1874 auf 159000 M. [also auf das 2,12fache] erhöht hatte, so wird das eben erst nach dem deutsch-französischen Kriege geschehen sein. Man wird also von der Mitte des Jahres 1865 ab annehmen können, daß Abbe in den engen Verhältnissen der damaligen Hochschule eine geachtete Stellung einnahm und vor quälendem Mangel (man sehe auf S. 26) geschützt war.

Da nähere Angaben über sein Leben in dieser Zeit — von dem Verzeichnis seiner Vorlesungen abgesehen — nicht zugänglich sind, so wird es zweckmäßig sein, hier (s. a. <sup>24</sup> 2 ff.) einen Bericht über das Leben Carl Zeissens, Abbes späteren Partners, folgen zu lassen.

Carl Friedrich Zeiss war am 11. September 1816 als Sohn des Hofdrechslermeisters Johann Gottfried August Zeiss in Weimar geboren worden. Da der Erbgroßherzog Carl Friedrich von dem alten Meister das Drechslerhandwerk erlernt hatte, so bestanden einige Beziehungen zum Hofe, und der Erbgroßherzog übernahm die Patenstelle bei dem Kleinen, ihm seine Taufnamen belegend. Der junge Carl besuchte das Weimarer Gymnasium bis zur Prima und trat Ostern 1834, 17 $\frac{1}{2}$  Jahre alt, in Jena als Lehrling bei dem Hof- und Universitätsmechaniker Dr. Friedrich Körner ein.

Diese Wahl wird damit zu erklären sein, daß Zeissens Vater zu Körner, einem Weimarer Kinde, freundschaftliche Beziehungen hatte, zumal Fr. Körner vorher längere Zeit in Weimar tätig gewesen war. Von dem in mancher Hinsicht eigenartigen Lehrherrn ist erst seit 1927 Näheres wieder bekannt geworden, woraus hier das Folgende mitgeteilt sei.

Von einer gewissen Bedeutung als Optiker wurde Fr. Körner um 1816 herum, wo er bereits mit K. D. v. Münchow, dem damaligen Astronomen der Jenaer, von 1819 ab der Bonner Hochschule, versuchte, ein größeres Fernrohr nach genauer Berechnung der Bestimmungsstücke auszuführen. Schon hier wird der Arbeitsplan J. Fraunhofers eingewirkt haben, so wenig Genaueres auch bekannt gewesen sein wird, aber wir wissen, daß K. D. v. Münchow in den Sommerferien des Jahres 1817 Fraunhofern in Benediktbeuern besucht hat. Also wird auch Fr. Körner von dem planmäßigen Vorgehen Fraunhofers mehr oder minder genau unterrichtet gewesen sein, und er hat besonders an der Vorausberechnung der ganzen Fernrohranlage festgehalten. Da der erste Versuch vom Jahre 1816 an der schlechten Beschaffenheit der Scheiben optischen Glases gescheitert war, so faßte Körner den für sein Gedeihen verhängnisvollen Entschluß, selber brauchbares Flintglas zu erschmelzen. Trotz den freigebigen Unterstützungen durch den Großherzog Carl August ging es mit seinem Geschäft bergab, da er — ohne Kenntnis des Guinandschen Rührkolbens — keinen wirklichen Erfolg beim Glasschmelzen hatte. Zur Berechnung der Fernrohrobjective hatte er zwischen 1829 und 32 den Mathematiker Friedrich Wilhelm Barfuß herangezogen, ohne übrigens Erfolge davon zu ernten.

An einer aufrichtigen Hingabe an seine Aufgabe wird man bei Fr. Körner, der in dieser Beziehung ein wahrer Idealist war, nicht zweifeln können. Als Lehrherr in optischen und mechanischen Dingen war er verständig und gestattete dem lerneifrigen Lehrling nach Ablauf des ersten Schulungsjahres, in jedem Semester — übrigens als eingetragener stud. math. — eine Fachvorlesung an der Universität zu hören. Es handelte sich dabei um mathematische Anfangsvorlesungen, um Experimentalphysik, um Anthropologie, um Mineralogie und zuletzt um Optik. Die Glasherstellung wurde von Fr. Körner in strengstem Geheimnis betrieben, doch wird er seinem Lehrling gegenüber aus seinem Wunsche kein Geheimnis gemacht

haben, seine Fernrohrobjective auf Grund vorausgehender genauer Berechnung herzustellen.

Der Lehrling Carl Zeiss schied nach 4 Lehrlingsjahren, im Frühjahr 1838, aus der Lehre und begab sich auf die Wanderschaft, die ihn nach Stuttgart, Darmstadt, Wien und Berlin führte, meistens in mechanische Betriebe, doch ist es möglich, daß er in der letzten Zeit zu Wien vom Herbst 1843 bis zum Juni 1844 bei dem wohlbekanntem Optiker G. S. Plössl in Stellung gewesen ist. Er hat sich, da ihm eine Geschäftsgründung in seiner Vaterstadt versagt wurde, in Jena am 17. November 1846 niedergelassen, und zwar als Optiker und Mechaniker, zunächst allein arbeitend. Der alte Lehrmeister starb nicht einmal drei Monate nach dieser Niederlassung, nämlich am 2. Februar 1847. Carl Zeiss hat, was für eine willige Aufnahme der Körnerschen Pläne spricht, den Körnerschen Rechenmeister Fr. W. Barfuß seinerseits weiter beschäftigt, bis auch dieser am 13. August 1854 starb.

Der Geschäftsbetrieb, zu dem vom 27. August 1847 ab der Lehrling August Löber gehörte, nahm ständig zu, beschränkte sich aber auf Lupen und einfache Mikroskope mit Zwei- und Dreilinsern — Dubletts und Tripletts, wie man damals sagte — sowie ihren Ständern. Erst seit 1858 hat Carl Zeiss, zunächst ganz schüchtern vorgehend, mit zusammengesetzten Mikroskopen Versuche gemacht, für die ihm in seinem kleinen Kreise auch bald Auszeichnungen zuerkannt wurden. Von dem Naturforscher J. Schleiden ist ihm immer anspornende Anerkennung zuteil geworden. Bis zum Jahre von Abbes Eintritt hat er 17 Preislisten herausgebracht, und man wird guttun, sich (in einer gewissen Abweichung von Auerbach) den Betrieb nicht so ganz simpel vorzustellen. Gewiß trat Carl Zeiss äußerlich fast über Gebühr bescheiden auf, denn er legte von dem Ertrage seiner Werkstätte soviel als irgend möglich zurück, um gegebenenfalls sein Geschäft erweitern zu können. Er hat auf diese Weise wenig Jahre nach dem Beginn seiner Berührung mit seinem großen Partner diesem helfen können, seinen Lebensweg in der glänzendsten Weise zu er-

öffnen, indem er vertrauensvoll und mutig seinen mühsam zusammengesparten Besitz daran wagte. Und wenn der einfach lebende Mann es trotz der weiten und teuren Reise unternahm, sich auf der Pariser Weltausstellung von 1867 mit den neuesten Fortschritten seines Berufes durch den Augenschein vertraut zu machen, so wird er bei den engen Lebensverhältnissen in Jena vermutlich nicht viele Reisegefährten gefunden haben.

Abbe ist <sup>6</sup> 121 noch vor der Habilitation am 7. Mai 63 in die von H. Schäffer begründete und betreute Mathematische Gesellschaft eingetreten und hat daselbst im Laufe der Zeit verschiedene Vorträge gehalten.

Was seine Bewertung angeht, so läßt sich die sehr gut nach den Äußerungen des Kurators Seebeck verfolgen, und dieser wird sich mindestens im Anfang vermutlich an K. Snells Beurteilung gehalten haben.

Unabhängig davon ist das <sup>6</sup> 141/42 beiläufig mitgeteilte sehr günstige Urteil J. A. Hugo Gyldéns. Da vor und nach dieser nicht bedateten Erzählung das Jahr 1863 genannt ist, so ist es möglich, daß auch das Gyldénsche Urteil auf dieses Jahr fällt. Alsdann würde es sich um den Eindruck handeln, den Abbe als ganz junger Privatdozent auf einen fremden Gelehrten gemacht hat.

Was aus Abbes letzten Dozentenjahren über seinen Verkehrskreis bekannt geworden ist, findet sich im wesentlichen <sup>6</sup> 134/44 mitgeteilt. Dort wird erzählt, daß er sich enge an K. Snell angeschlossen hatte, von dem ja auch in dieser Darstellung schon öfter die Rede gewesen ist, insofern als der Kurator M. Seebeck sich im Hinblick auf Abbes Angelegenheiten hauptsächlich von Snell unterrichten ließ. Über sein schönes Verhältnis zu Hermann Schäffer hat Abbe selber <sup>2</sup> 342/46 in der Rede vor dessen Sarge gesprochen.

Aber der Auerbachschen Darstellung verdankt man nähere Hinweise zu der in jener Zeit angeknüpften Freundschaft mit Anton Dohrn und mit Nikolaus Kleinenberg, die beide in späteren Abschnitten gelegentlich auftreten werden. Beides waren

Zoologen, und der Verkehr mit Dohrn scheint enger gewesen zu sein. Dieser hat auch im November 1869 <sup>6</sup> 283 Abbes Kondensator in Gebrauch genommen. Seine Persönlichkeit hat auf Abbe nicht allein fachwissenschaftlich eingewirkt, sondern ihm auch den Zugang zu philosophischen und nationalökonomischen Schriften vermittelt. Auch einen politischen Vortrag A. Bebels hat Abbe in jener Zeit — (s. <sup>3</sup> 5\*) schon im Jahre 1869 — mit angehört. Wie sich weiter unten ergeben wird, hat er sich aber lange mit diesen Gedankengängen getragen, ehe er — 1894 — öffentlich dazu Stellung nahm.

Auch ein kleines Bild von einer seiner Vorlesungen ist uns <sup>6</sup> 114/16 (vermutlich in arg verstümmeltem Zustande) erhalten. Leider hat Auerbach die Quelle der Oldenburgschen Darstellung nicht mitgeteilt, so daß es mir wenigstens unmöglich war, auf die Urschrift zurückzugehen. Der Gegenstand der Erzählung ist sehr einfach; Abbe hat — es scheint sich um das Wintersemester 67/68 zu handeln — in seiner Vorlesung zu hohe Anforderungen an das Verständnis seiner 4 Hörer gestellt, läßt sich aber darauf ein, daß ihn diese unterbrechen dürfen, wenn er wieder unverständlich wird. Zum Schluß ist aber der Dozent mit den Anfragen seiner Studenten zufrieden und erklärt, von ihnen manches für eine Besserung seiner Vortragsweise gelernt zu haben. Eine wirkliche Nachprüfung war nicht möglich, von den 4 Namen waren die von Oldenburg und von K. von Schack in den Studentenverzeichnissen der 60er Jahre — es muß um diese Zeit gewesen sein, da der Vortragende noch als Doktor erscheint, während er am 5. Mai 1870 außerordentlicher Professor wurde — weder als Studenten noch als Hörer zu finden; dagegen waren Kandidat Fleck und G. Wendt wohl nachzuweisen, zusammen eben nur in jenem Wintersemester.

Zieht man die für diese Jahre leider nicht vollständig erhaltenen Quästurakten zu Rate, so erkennt man, daß Abbe in den Sommersemestern nur ganz geringe Einnahmen hatte,



dagegen war das Einkommen aus den Vorlesungen im Winter überhaupt etwas reichlicher und erfreulicher, namentlich dann, wenn er in Snells Vertretung Physik lesen konnte. Setzt man sein davon unabhängiges Jahreseinkommen in der Privatdozentenzeit auf 200 Rthlr. an, so kommt man im Durchschnitt auf 45 v. H. aus Vorlesungen, so daß er also mit 290 Rthlrn. ein Einkommen hatte, das seinen geringen Ansprüchen genügte.

---

## II. Die Zeit gemeinsamer Leitung mit Carl und Roderich Zeiss (1866—89).

### A. Bis zum Eintritt in die stille Partnerschaft. (1866—75).

#### Abbes technische Betätigung.

Auf S. 19  $\beta$  ist erwähnt worden, daß Abbe dem Universitätsmechaniker Carl Zeiss 1863 etwa um die Mitte November einen Meßapparat (für magnetische und galvanische Versuche) in Auftrag gegeben hatte. Aus welchem Grunde Abbe zu diesem Mechaniker aber im Anfang Juli 1866 in nähere Beziehung trat, hat sich nicht im Gedächtnis erhalten. Die unbedatete Andeutung <sup>6</sup> 178  $\beta$  ist mit diesem Tage vermutlich nicht in Verbindung zu bringen, da Abbe, wie wir zufälligerweise genau wissen, erst im Februar 1869 an die Berechnung von Mikroskopen gegangen ist.

#### Die Zeit bis zur Durchführung der Teilarbeit.

Da der Zeitpunkt seines Eintritts am 3. Juli 1866 durch die Beteiligung der alten Arbeiter an dem 25. Dienstjubiläum 1891 gesichert ist, so wird man <sup>27</sup> 266  $\beta$  annehmen können, daß er in jener Zeit zunächst die Arbeitsverfahren der Optiker genauer kennenzulernen wünschte, und von dem Meister, der damals fast doppelt so alt war wie er, dem Werkmeister A. Löber zur Ausbildung übergeben wurde.

Daß Abbe bald danach mit der Ausarbeitung der Teilarbeit zur Herstellung der vorhandenen Mikroskopobjektive begonnen hat, läßt sich sowohl <sup>3</sup> 30  $\omega$  = <sup>27</sup> 288  $\beta$  aus Abbes späteren politischen Reden wie auch <sup>27</sup> 264/65 aus den Zeissischen Preislisten erschließen, deren Angaben auf das beste

übereinstimmen. Der erste Werkmeister war zu solcher Mitwirkung um so mehr geeignet, als er <sup>24</sup> 12 $\beta$  schon 1861 das alte Fraunhofersche Probeglasverfahren, ohne dessen ersten Entdecker zu kennen, verwandt hatte, um die Genauigkeit der Ausführung bei den meist sehr stark gekrümmten Linsenflächen des Mikroskopobjektivs zu prüfen.

Eine vereinzelte, auf diese Jahre zurückgehende Erinnerung hat S. Czapski in <sup>k</sup> für die Nachwelt gerettet. Danach hat Abbe noch vor dem Beginn seiner Mikroskoprechnungen, nämlich im Jahre 1867, ein Fokometer zur Messung der Brennweiten, sei es der ganzen Objektivs, sei es ihrer Bestandteile, benutzt.

Aus der Preisliste des Jahres 1869, der ersten seit 1866, die Mikroskopobjektive enthält, kann man ersehen, daß fast bei jeder Nummer eine Preisermäßigung — zum Teil eine solche von 25% — eingetreten war, und es ist anzunehmen, daß auf den Inhaber der Werkstätte dieses Ergebnis recht angenehm gewirkt hat.

Hier wie in andern Dingen schlug Abbe von selbst einen ähnlichen Weg ein, wie sein großer Vorgänger J. Fraunhofer. Wir kennen heute dessen Verfahren mit der Teilarbeit zunächst aus einem Briefe vom 26. Januar 1809, danach aus einem späteren, aber die Verhältnisse der gleichen Zeit schildernden vom 13. Februar 1816, die beide zu so früher Zeit wie 1867—69 Abben nicht bekannt gewesen sein können. Sobald man nämlich die Aufgabe stellte, Linsenfolgen nach einem genau vorher bestimmten Plan ausführen zu lassen, ohne dem herstellenden Arbeiter einen Einfluß auf die Formgebung zu gestatten (was das ältere englische Verfahren handwerksmäßiger Herstellung durchaus zugelassen, wenn nicht gar verlangt hatte), dann ist die Einführung von Teilarbeit geboten und für die Güte, Gleichmäßigkeit und Schnelligkeit der Herstellung durch kein anderes Verfahren zu ersetzen.

Wenn also Abbe in dieser Zeit zunächst be<sup>o</sup>trebt war, die 6 alten, seit 1861 bestehenden Achromate gleichmäßiger, sicherer und billiger herzustellen, so hat er doch noch für andere

Aufgaben Zeit und Geduld übrig gehabt und hat, wie weiter unten im einzelnen wahrscheinlich gemacht werden soll, von Carl Zeiss schon im Jahre 1869 seine später so berühmt gewordenen Kondensoren regelmäßig ausführen und absetzen lassen.

Was Abbe sonst in der Zeit bis zu den ersten Monaten von 1869 vorgenommen hat, ist mit keiner auf Belege gegründeten Sicherheit festzustellen, und man wird auch das Folgende nur als den Versuch einer Deutung ansehen müssen.

Nach <sup>24</sup> 21 $\alpha$  hat Abbe schon im Jahre 1868 von bestimmten Ansichten englischer Mikroskopiker Kenntnis gehabt, mit denen die Mehrleistung von Objektiven großer Öffnung erklärt werden sollte. Damit ist belegt, daß er sich noch während oder gleich nach der Einführung der Teilarbeit bei der Herstellung der Mikroskopobjektive mit einschlägigen wissenschaftlich-technischen Schriften auch des Auslandes beschäftigt hat. Es ist ferner recht wahrscheinlich, daß er sich bereits in dieser Zeit mit der Vorbereitung der beiden Schriften zur theoretischen und zur praktischen Photometrie abgegeben hat, über die C. Snell <sup>27</sup> 266/67 in den ersten Monaten des Jahres 1870 eine Besprechung niederschrieb.

Vielleicht begann er auch <sup>2</sup> 82 schon damals mit seinen zahlreichen Bestimmungen von Brechzahlen fester und flüssiger Stoffe, mit Arbeiten, in deren Verlauf er <sup>2</sup> 86 $\alpha$  für seine eigenen Versuche das seit 1869 im Gebrauch stehende Refraktometer bauen ließ.

Nur gelegentlich <sup>2</sup> 168 $\omega$  ist er, zum Beispiel 1874, auf seine zahlreichen Messungen eingegangen. Daher ist es doppelt dankenswert, daß H. Boegehold <sup>7</sup> 1/15 zusammengetragen hat, was sich aus Abbes Rechenheften noch von Messungswerten retten ließ.

### Carl Zeissens Verlangen nach einer brauchbaren Wasserstüplinse.

Jedenfalls genügten dem Besitzer der Werkstätte die Beweise, die sein junger Helfer mit der verbesserten Herstellung der alten Achromate geliefert hatte, um nunmehr — und zwar

im Februar 1869 — dem jungen Gelehrten eine besonders schwierige Aufgabe zu stellen. Trotz aller von dem tüchtigen Werkmeister A. Löber aufgewandten Mühe war es nämlich <sup>24</sup> 20<sup>2</sup> in Jena nicht gelungen, die Leistungen der von E. Hartnack (vor 1871 in Paris, nachher in Potsdam) seit 1859 oder 1860 in den Handel gebrachten Wasserstipplinsen zu erreichen. Zeiss sorgte sich nicht nur im stillen, sondern hat <sup>3</sup> 139 $\beta$  = <sup>24</sup> 34 $\alpha$  es später Abbe sogar offen gestanden, daß er Schlimmes befürchte, wenn es nicht gelänge, diesen Vorsprung einzuholen. Daher stellte er — und zwar <sup>26</sup> 163 $\psi$  im Februar 1869 — jene zunächst auf die Wasserstipplinsen zugeschnittene Aufgabe, die Abbe sofort mit Feuereifer in Angriff nahm.

Um die auf ihm lastenden Arbeiten richtig beurteilen zu können, müssen wir aber auf eine Folge seiner Universitätsstellung hinweisen, die ihm gerade in diesem Jahre sehr unbequem gewesen sein wird.

Abbe stand 1869 im 7. Jahre als Privatdozent und war als ungewöhnlich tüchtig bekannt. Das geht schon aus den jährlich wiederholten Befürwortungen der ihm seit 1865 angewiesenen Vergütung durch den Kurator hervor, und so forderte im März 1869 der Staatsminister<sup>1)</sup> v. Watzdorf in Weimar aus Anlaß der Beförderung eines Privatdozenten zum Extraordinarius von dem Kurator einen Bericht, ob nicht auch Abbe und drei andere Dozenten in gleicher Weise zu befördern seien. Darauf hat der Kurator, offenbar unter dem Einfluß von K. Snell, berichtet, daß man noch auf eine größere Veröffentlichung Abbes warten wolle. Man wird also annehmen müssen, daß Snell, der so früh von der großen soeben übernommenen Rechenarbeit Abbes noch nichts gewußt haben mag, in bester Absicht einen Druck auf Abbe ausgeübt hat, denn dem jungen Dozenten wird vermutlich viel an einer solchen öffentlichen Bezeugung der Anerkennung durch Kollegenschaft und Regierung gelegen haben.

Er hat also jedenfalls unter dem größten Druck, worauf bald noch näher einzugehen sein wird, spätestens im Anfang

1) Man sehe dazu S. 9<sup>1)</sup> ein.

von 1869, wenn nicht früher, verschiedene Arbeiten geplant, über die K. Snell mehrfach dem Kurator vertraulich berichtet hat. Das letzte <sup>27</sup> 266/67 im Wortlaut abgedruckte Gutachten ist mit dem 25. April 1870 bedatet und berichtet über zwei auf exakte Experimente gestützte und mit den Ergebnissen für die Wärmestrahlung von Kirchhoff und Clausius übereinstimmende Arbeiten Abbes zur theoretischen Photometrie. Die zweite dieser Arbeiten mit dem Titel „Grundsätze für die Beurteilung der Lichtstärke optischer Instrumente“ liege schon länger als zwei Monate bei Engelmann in Leipzig, der sie veröffentlichen werde, sobald sie in der Jenaer medizinischen Zeitschrift, für die sie auch angenommen sei, erschienen wäre.

Wenn man von der Mitte Februars, worauf Snells Angaben für die Übersendung des Manuskripts an Engelmann in Leipzig führen, weiter zurückgeht und die Zeit für die Einreichung des Manuskripts an die Jenaer medizinische Zeitschrift und die Verhandlung mit Engelmann wegen des Verlages einer schon einmal veröffentlichten Darstellung nach den dafür erforderlichen Schreibereien richtig veranschlagt, so wird man es für recht wahrscheinlich halten, daß Abbe die Arbeit früh im Jahre 1869 bereits abgeschlossen hatte. In dieser Arbeit aber „wird schließlich erklärt die Einrichtung „und die Wirkungsweise des neuen von dem Dr. Abbe erfundenen Beleuchtungsapparats für Mikroskope, welchen nach „dessen Angabe der hiesige Mechanikus Zeiss ausgeführt hat, „und der sich eines großen Beifalls und schon einer ziemlichen „Verbreitung zu erfreuen hat.“

Man erkennt also, daß die obige Bemerkung (S. 29 $\alpha$ ) einer regelmäßigen Herstellung des Abbeschen Kondensors im Jahre 1869 auch aus dem amtlichen Schriftenverkehr sehr wahrscheinlich gemacht wird.

Tatsächlich genügte übrigens Snells warme Verwendung für den jungen Dozenten, und am 5. Mai 1870 wurde Abbe zum außerordentlichen Professor ernannt. Wir werden weiter unten (S. 48 $\beta$ ) auf die Sorgen einzugehen haben, die ihm aus jenen beiden photometrischen Arbeiten noch erwachsen sollten.

Die Rechenarbeiten hat Abbe im Februar 1869 übernommen, was sich ja nach <sup>17—26</sup> 163ϕ dem Snellschen Briefwechsel entnehmen läßt. Er hat anfänglich die Schwierigkeit dieser Arbeit unterschätzt, wie man das auch aus dem in den Quästurakten erhaltenen Titel seines vor 5 Zuhörern gelesenen Publikums „Über optische Instrumente“ im S.S. 1869 erschließen kann. Anscheinend hatte er diese Vorlesung so spät angezeigt, daß das Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester bereits gedruckt vorlag und er allein auf den Anschlag am schwarzen Brett angewiesen war. Er wird damals der Ansicht gewesen sein, wie <sup>1</sup> 275ω auseinandergesetzt, daß die Strahlenoptik für die Berechnung von Mikroskopobjektiven ausreiche, und daß man sogar mit analytischen Verfahren auskommen werde. Damit stimmt gut überein, was H. Boegehold — Z. ophthalm. Opt. 1939. 30ϕ — auf Grund des ersten Abbeschen Rechenhefts vom Februar 1869 und der Anlage der Rechnungen aussagen konnte.

Die Rechenarbeiten vom Februar 1869 ab erwiesen sich nicht allein als mühselig, sondern, woran unser Meister bis jetzt nicht gewöhnt gewesen war, als erfolglos. Abbe selber hat es <sup>2</sup> 341ω hervorgehoben, daß seine ersten Versuche mit der Berechnung von Mikroskopobjektiven auf „jahrelange Mißerfolge“ geführt hätten. Da die Rechnungen bestimmt im Februar 1869 begannen, so wird man für die Zeit der Mißerfolge noch das Frühjahr von 1870, wenn nicht sogar die Sommermonate ansetzen wollen.

Die Schwierigkeit, die zunächst zu beseitigen war, hat Abbe selber 10—11 Jahre später <sup>1</sup> 274ω in die Worte gefaßt: „worauf beruht es, daß ein großer Öffnungswinkel vollkommene Bilder und feineres Detail liefert als ein kleiner, obwohl der einfallende Strahlenkegel in der Regel nur eine sehr geringe Öffnung wirklich ausfüllt, den überschießenden Teil demnach anscheinend unbenutzt als „„dunklen Raum““ übrig läßt; — wodurch wird die tatsächlich feststehende Ausnutzung dieses dunklen Raumes möglich gemacht?“

Daß Abbe sich mit allen Kräften um die Lösung dieser schwierigen Frage bemühte, wird jedem klar sein, der des Meisters Wesen kannte. Für die Bestimmung der optischen Grundwerte der Brechung und Zerstreuung ließ er, wie oben gesagt, 1869 (s. a. <sup>2</sup>86 $\alpha$ ) das Refraktometer herstellen, mit dem er auf bequeme Weise die optischen Grundeigenschaften an festen und halbflüssigen Körpern bestimmte. Auch noch <sup>1</sup>280<sup>1</sup> ist er auf diesen Anlaß für den Bau des Refraktometers eingegangen.

Nach <sup>27</sup>267 $\beta$  ist der Abbesche Beleuchtungsapparat am 25. April 1870 schon in ziemlicher Verbreitung gewesen, was zu der obigen Annahme berechtigt, dieses Gerät sei auch schon im Jahre 1869 geplant und ausgeführt worden. Damit stimmt <sup>6</sup>283 gut überein, wonach, wie schon a. S. 25 $\alpha$  bemerkt, eine solche Vorkehrung im November 1869 an A. Dohrn geliefert worden ist. Der Kundschaft wurde sie zuerst in der Preisliste vom Jahre 1872 angezeigt. Sie wird zunächst Abben selber bei der Untersuchung der Neuberechneten Objektive und ihrer Strahlenvereinigung gedient haben.

Im nächsten Jahre, 1870, kommt dann noch das einfache, für Trockenlinsen geplante Apertometer (s. a. <sup>24</sup>21 = <sup>1</sup>242) hinzu, und im Jahre 1871 wurde auch das Apertometer <sup>24</sup>22 in der Form der rechteckigen Glasplatte ausgeführt, das dann „lange Zeit von Herrn Zeiss und mir benutzt worden“ ist. Diese Bemerkung wird sich wohl auf die vermutlich um das Ende des Oktobers 1871 beginnenden gemeinsamen Arbeiten (s. S. 36 $\gamma$ ) beziehen.

Wenn man auch keine genaue Zeitbestimmung wagen darf, so kann man (s. a. <sup>1</sup>275 $\beta$  und <sup>1</sup>280 $\alpha$ ) doch vermuten, daß zur Lösung der oben angeführten Schwierigkeit die Lehre von der Beugung des Lichts im Sommer 1870 herangezogen wurde, was uns auf einen Zeitraum vergeblicher Versuche von mehr als  $\frac{5}{4}$  Jahren bringt.

Läßt man diese Annahme gelten, daß Abbe um den Sommer 1870 herum auf den Gedanken gekommen sei, die Beugungserscheinungen zur Erklärung des dunklen Raumes heranzu-



ziehen, so hat er zehn Jahre später <sup>1</sup> 276 $\beta$  einige Mitteilungen über die ersten Versuche gemacht. Er verwandte Glasfäden von genau bestimmter Brechzahl in Ölmischungen, deren Brechung ebenfalls genau gemessen war. Er hatte ja gerade für solche Messungen auch das erste Refraktometer geplant. Es stellte sich für derartige zylindrische Formen heraus, daß ein Brechzahlunterschied von wenigen Tausendteilen der Einheit durchaus genügte, um diese Fäden in ihrem Einbettungsmittel deutlich zu erkennen. Um die letzten Zweifel zu heben, hat Abbe <sup>1</sup> 276 $\gamma$  auch „noch regelmäßig prismatische Gebilde „untersucht, die ich gewann, indem ich (mit großem Aufwand „von Mühe und Geduld) mittels des Diamanten auf ebenen „Glasflächen annähernd dachförmige Furchen herstellte, deren „Form und Neigungswinkel auf der Bruchfläche der Glasplatte „unter starker Vergrößerung bestimmt wurde.“

Man wird verstehen können, daß damals — vielleicht um den Ausgang des Sommers 1870 — die weitere Entwicklung der Theorie hintangestellt wurde, weil die Anforderungen der Werkstätte zu sehr drängten, und man weiß genau, daß er erst am 11. September 1871 mit der großen Rechenarbeit fertig geworden ist.

Aber wenn die Werkstätte etwa im Spätsommer 1870 vielleicht schon schwache und mittelstarke Objektive befriedigend herzustellen vermochte, so führten die Rechnungen bei den weit geöffneten Trockenlinsen und den Wasserlinsen noch nicht gleich zu den gewünschten Ergebnissen. Dem Meister war damals eben das eine ungemein wichtige Gesetz — es wird heute allgemein als die Abbesche Sinusbedingung bezeichnet — noch unbekannt, und so erntete er auch nach der Heranziehung der Beugung des Lichts zunächst bei den wichtigsten Objektiven noch keine Erfolge. Im Jahre 1879 hat er <sup>1</sup> 219/20 die Schwierigkeit und seine Enttäuschungen ungemein lebhaft geschildert. Erst theoretische Überlegungen führten zur Aufstellung jener Bedingung als der Gewähr für ein- und dieselbe Vergrößerung eines achsensenkrechten Linienstückchens im achsennahen Raum durch verschiedene Teile

der Öffnung einer Linsenfolge, nämlich zur Forderung der Erfüllung der Sinusbedingung<sup>1</sup>. Man wird sie wohl frühestens auf das Ende des Sommers, wenn nicht gar auf den Herbst des Jahres 1870 zu verlegen geneigt sein.

Nunmehr erst war das theoretische Rüstzeug bereitet, die Berechnung der weit geöffneten Objektive konnte gefördert werden, und die Leitung der Werkstätte — vor allem wohl A. Löber — war mit jedem neuen Objektiv der Anerkennung von Abbes Leistungen voll. Darüber wird aber das Jahr 1871 herangekommen sein.

Es ist (<sup>3</sup> 138 $\psi$ ) als sicher anzunehmen, daß man diese neuen Objektive sogleich auch verkaufte, denn sonst wäre es unmöglich gewesen, Abben im nächsten Jahre nach der Bestandaufnahme für 1871/72 den merklichen Betrag von 2400 M. (aus Talern umgerechnet) auszuzahlen. Und man kann sich vorstellen, wie hoch die Freude bei dem Besitzer und bei dem Vorsteher der optischen Abteilung war, als am 12. September 1871 die Ausführungsvorschriften für die damals stärkste Wasserlinse abgeliefert wurden. Carl Zeissens freudige und uneingeschränkte Anerkennung <sup>3</sup> 139 $\beta$  des so erreichten Erfolges wird bald nach diesem Septembertage 1871 angesetzt werden können. — Ein Patentschutz wurde auf diese, wissenschaftlicher Forschung dienenden Geräte nicht genommen. Auf S. 43 wird dazu noch einiges bemerkt werden.

Man wird bei Zeissens Rechtlichkeit annehmen müssen, daß um diese Zeit auch Abmachungen über den für jedes verkaufte Objektiv an Abbe zu zahlenden Bruchteil des Listenpreises getroffen wurden. Die einzigen Angaben darüber habe ich <sup>6</sup> 215 $\beta$  gefunden.

In <sup>3</sup> 138/39 = <sup>27</sup> 285/86 finden sich Abbes eigene Worte zu dem Eindruck, den die völlig unerwartete, so reichliche Entlohnung bei reiflicher Überlegung auf ihn gemacht hat. Obwohl er Freude an dem durch seine wissenschaftlichen Arbeiten erreichten Fortschritt empfunden haben wird, dachte er nicht daran, den so ermöglichten wirtschaftlichen Vorteil ausschließlich für sich in Anspruch zu nehmen.

Er muß auch nach <sup>m</sup> schon „im Anfang seiner industriellen Tätigkeit“ in der Werkstätte bei den Arbeitern und in ihrem Kreise einen besonders vertrauenerweckenden Eindruck gemacht haben, wenn man ihn nicht allein als Schiedsrichter anrief, sondern sich seiner Entscheidung auch unweigerlich fügte. Beachtet man, daß er im Jahre 1872 eben 32 Jahre wurde, so wird seine Umgebung schon damals etwas von der Ehrfurcht verspürt haben, die man ihm 25 Jahre später fast allgemein entgegenbrachte.

Leider kennen wir keine Schilderung seines Wesens aus jener frühen Zeit; ein einziger Bericht eines Augenzeugen würde wertvoller sein, als diese zusammengestückelten Andeutungen.

### Die nächsten Folgen der veränderten Auffassung.

Mit der glücklichen Erfüllung der ersten Zeissischen Forderung, gute Wasserlinsen zu berechnen, war indessen Abbes optische Tätigkeit nicht etwa am Ende. Vielmehr wird er seinen Freund gleich im Anfang des Wintersemesters 1871/72 zur Anstellung wichtiger praktischer Versuche gemeinsam mit ihm überredet haben.

Einen etwas eingehenderen Bericht über einen Teil dieser Arbeit findet man <sup>1</sup> 389 § aus einem am 10. Mai 1882 in England verlesenen Vortrage. Danach wünschte er schon vor mehr als 10 Jahren — was uns mindestens auf den Anfang des Jahres 1872 bringt —, das Verhältnis zwischen Apertur und Stärke als notwendige Grundlage für eine vollkommene Wirkungsweise festzustellen. Seine Aufmerksamkeit hatte er nun seit jener Zeit darauf gerichtet, und zwar nicht allein vom theoretischen Standpunkte aus, sondern auch auf Grund einer langen Reihe praktischer Versuche, bei denen ich den Vorzug der Mitarbeit von Dr. C. Zeiss in Jena hatte. . . . .

Man erkennt also, daß er zu solchen Aufgaben, bei denen es auf Beobachtungen ankommt, schon sehr früh seinen Partner heranzog, und man versteht danach um so besser die Bereitwilligkeit, mit der Carl Zeiss die großen Kosten dieser grund-

sätzlich wichtigen theoretischen und versuchsmäßigen Arbeit getragen hat.

Daß Carl Zeiss auch früh im Gebrauch des Apertometers geschult worden ist, wurde bereits auf S. 33  $\gamma$  angegeben.

Man wird ferner annehmen können, daß Abbe im Laufe des Jahres 1872, wo der Drang der Arbeit nicht ganz so atemraubend war wie 1871, die schwächeren, noch vor der Kenntnis der Sinusbedingung abgelieferten Objektive neu berechnete, denn in der Preisliste von 1873 sind (s. <sup>27</sup> 265) die Objektive

aa A AA B BB C<sub>3</sub> CC und E

wie man aus der Preiserhöhung gegen die vorgehende Liste erkennt, verändert worden. Man wird aus diesem gleichzeitigen Belege auf die Ergebnisse der im Jahre 1872/73 ausgeführten Rechenarbeiten schließen können.

Aber die Förderung der reinen theoretischen Forschung stockte nunmehr, wo die nächsten Bedürfnisse der Werkstatt befriedigt waren, nicht weiter, und Abbe hat für diese Bereitwilligkeit seines Freundes stets die dankbarste Anerkennung gehabt. Auf die Zeit vom Jahre 1872 ab wird vermutlich sein allgemeiner Bericht vom Frühjahr 1873 zu beziehen sein, der <sup>1</sup> 46 entnommen ist.

Und so „habe ich denn in Verbindung mit Herrn C. Zeiss „in Jena einen ernsthaften Versuch unternommen, der Konstruktion der Mikroskope und ihrer weiteren Vervollkommnung eine ebenso sichere theoretische Grundlage zu geben, „wie die Herstellung astronomischer Fernrohre schon durch „Fraunhofer gewonnen hat. Dank der Bereitwilligkeit, mit „welcher Herr Zeiss mir hierbei entgegengekommen ist, indem „er mir mehrere Jahre hindurch die ausgezeichneten Hilfsmittel und die tüchtigen Arbeitskräfte seiner Werkstatt zur „Verfügung stellte, und dank dem Eifer, mit dem der kunstfertige Werkführer dieser Werkstatt und seine geschickten „Gehilfen den einschlagenden Arbeiten sich unterzogen haben, „ist dieser Wunsch nach längeren Bemühungen zum Ziel gelangt.“

Einige wenige Einzelheiten zu der Begründung der Beugungstheorie in ihrer Anwendung auf das Mikroskop hat Abbe in denselben Beiträgen vom Frühjahr 1873 gegeben. Ich führe sie hier (s. <sup>1</sup>72/73) wörtlich an.

„. . . Hierzu hat mir eine Reihe von Objektiven mit sehr  
 „verschiedener Brennweite und sehr verschiedener Öffnung ge-  
 „dient, welche nach meiner Berechnung mit äußerster Akkura-  
 „tesse ausgeführt worden waren, und welche, auf ihre Korrekt-  
 „heit noch besonders geprüft, für die Vergleichbarkeit der  
 „Beobachtungen sichere Gewähr leisteten. Als Probeobjekte  
 „sind dabei benutzt worden: allerlei Schmetterlingsschuppen  
 „und Diatomeenschalen, gestreifte Muskelfasern, Diamant-  
 „teilungen auf Glas, Liniensysteme in verschwindend dünnen  
 „Silberschichten auf Glas, feinere und gröbere Pulver u. A.,  
 „daneben aber auch die kleinen optischen Bildchen makro-  
 „skopischer Objekte (Stabgitter, Drahtgeflecht), welche man  
 „durch Luftblasen oder — besser — durch ein auf den Tisch  
 „des Mikroskops gelegtes Objektiv von kurzer Brennweite er-  
 „halten kann.“

Dazu kommt noch <sup>1</sup>77 $\alpha$  . . . „wobei ich nur bemerke, daß  
 „alle entscheidenden Versuche mit sehr korrekten schwachen  
 „Objektiven — 30 bis 6 mm Brennweite — und den ent-  
 „sprechenden geringen Vergrößerungen ausgeführt sind, stärke-  
 „kere aber, besonders ein Immersionsobjektiv von 3 mm, nur  
 „benutzt wurden, um die an gröberen Objekten schon gewon-  
 „nenen Resultate an einigen feinen Diatomeen zu kontrollieren.  
 „— Die Präparate für die entscheidenden Experimente waren  
 „allein Gebilde von genau bekannter Struktur: verschiedene  
 „durch fein zerteiltes Caput mortuum hergestellte Kör-  
 „nungen, in Glas geritzte Liniensysteme von 0.03 bis 0.002 mm  
 „Linienabstand und ähnliche Liniengruppen in Silbernieder-  
 „schlägen auf Glas, wobei die Silberschicht eine auch für das  
 „stärkste Mikroskop unwahrnehmbare Dicke besaß; gekreuzte  
 „Liniengruppen ohne Niveaudifferenz wurden durch Über-  
 „einanderlegen von zwei einfachen Teilungen, die eine an der  
 „unteren Fläche des Deckglases, hergestellt.“

Wenn wir einen Augenblick an dieser Stelle haltmachen, so müssen wir uns vor Augen führen, daß Abbe gerade in dieser sicheren Begründung der Anwendung der Beugungstheorie auf das Mikroskopobjektiv eine besonders wichtige Leistung gesehen hat. Er war sich deutlich bewußt, daß er diesen Nachweis ohne die Hilfe von Carl Zeiss und von A. Löber nicht hätte liefern können. A. Löbers Stellung zu ihm wird öfters auf das Lebhafteste anerkannt, und Abbe ist für seine Dankesbezeugung <sup>24</sup> 19<sup>1</sup> nicht allein bei Worten geblieben. Bei Carl Zeiss, der damals — man vergleiche wieder <sup>1</sup> 46 unten und <sup>27</sup> 270 $\gamma$  — bedeutende Aufwendungen gemacht hat, um ihn sein Lebensziel, die Vorausberechnung der Anlage des Mikroskopobjektivs in den kleinsten Einzelheiten, erreichen zu lassen, hat Abbe an verschiedenen Anlässen die Bedeutung seiner Bereitschaft hervorgehoben, er hat deutlich betont, wie nur durch seines Partners Mitwirken das wissenschaftliche Ziel erreicht wurde, das Zeissens persönlicher Mitarbeit freilich nicht zugänglich war. Abbe hat seinem Partner später mit der Benennung der Carl-Zeiss-Stiftung die größte Ehre erwiesen, die in seiner Macht lag: Treue um Treue.

Die Verbesserung der Leistung der Objektive blieb aber nicht nur auf die oben erwähnten schwächeren Nummern beschränkt, sondern Abbe hat sich damals grundsätzlich auch mit dem schlimmsten Farbenfehler beschäftigt, dem Farbenunterschied der Öffnungsabweichung. Er setzte damit einen Kampf fort, den er (s. <sup>1</sup> 203 $\delta$ ) schon 1871 aufgenommen hatte. Man wird nicht daran zweifeln, daß er die Erscheinungsform dieses Fehlers bei der Prüfung an der Testplatte mit Zeiss und Löber genau besprochen hatte; beide werden davon unterrichtet gewesen sein, daß die Übertreibung  $\nu$  bei den üblichen Trockenlinsen großer Öffnung den Wert 4 nicht übersteigen konnte.

Um nun wenigstens einen Blick auf Objektive höherer Leistung zu ermöglichen, berechnete er im Jahre 1873 das erste seiner Polyopobjektive <sup>27</sup> 256 $\psi$  mit  $\nu_A = 0.83$  und  $f' = 6.0$  mm, indem er durch Verwendung eines flüssigen Mittels

(hier einer Mischung von Cassia- und Anisöl) für einen Meniskus von sammelnder Wirkung zwischen je einer Flint- und einer Kronlinse die Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung für die beiden Farben D und F völlig hob und das sekundäre Spektrum sehr angenähert verschwinden ließ<sup>1)</sup>). Da er dieser Anlage <sup>1</sup> 203  $\alpha$  eine sehr überlegene Schärfe und, wie soeben gesagt, einen höheren Wert der Übertvergrößerung  $\nu$  zuschrieb, so wird man annehmen können, daß er das erste Polyopobjektiv seinen beiden Helfern gerade in dieser Weise vorgeführt habe. Wir werden auf S. 63  $\beta$  ff. noch genauer auf seine erstaunliche Leistung eingehen müssen.

Man wird als sicher annehmen können, daß solche Erfolge auf dem allerschwierigsten Gebiete der Objektivherstellung seinem Freunde Carl Zeiss einen tiefen Eindruck gemacht haben, um so tiefer, je weniger er vorher geglaubt haben mag, daß nach der glücklichen Berechnung leistungsfähiger Wasserlinsen noch weiteres zu tun sein würde. Man braucht sich also nicht zu wundern, daß Carl Zeiss nach seinen eigenen Worten <sup>27</sup> 270  $\gamma$  bereit war, ihm 4 Jahre lang — vom Oktober 1871 bis in das Jahr 1875 hinein — seine optische und zum Teil auch seine mechanische Werkstätte zur Verfügung zu stellen.

A. Löber hat sich aber, wie er später auch gern berichtet hat, mit Begeisterung den feinsten Prüfungsarbeiten hingegeben und dabei die Bedeutung der eigenen Leistung würdigen lernen. Daneben hatte er noch <sup>26</sup> 165  $\delta$  die Anfertigung der neuen Probekörper aus Quarz zu leiten. Abbes lebhafteste Anerkennung seiner Tätigkeit wird man am besten aus <sup>28</sup> 332  $\beta$  entnehmen.

1) Von der grundsätzlichen Bedeutung dieses Versuches hat er mehrfach <sup>1</sup> 201/03 mit Nachdruck gesprochen, ohne dabei auf die Einzelheiten einzugehen, weil diese Objektive nicht für die gewöhnliche Verwendung bestimmt waren. Die einzige mir bekannte genauere Angabe über ihre Leistungen steht <sup>1</sup> 424<sup>1</sup>. Man kann daraus ersehen, daß die beiden Polyopobjektive [je mit 'A = 0.83 und 'A = 1.15] eine Übertvergrößerung  $\nu$  (s. S. 73  $\omega$ ) hatten, die wesentlich höher war als der Wert  $\nu = 4$ , den er (für 1882 gültig) den Trockenlinsen nicht unter 'A = 0.80 und den Wasserstipplinsen nicht unter 1.10 zuschreiben mußte.

In demselben Jahre so ausgedehnter Tätigkeit, 1873, machte E. Abbe den Versuch (s. <sup>28</sup> 326), ein einzelnes Handfernrohr mit bildaufrichtenden Prismen herzustellen. Da er das Stück auf die Wiener Weltausstellung — sie wurde vermutlich um den 1. Mai eröffnet und anscheinend gegen Ende Oktobers 1873 geschlossen — mitnahm, so ist die Herstellung des Musterstücks spätestens für die Mitte dieses Jahres gesichert. An irgendwelche Beeinflussung durch I. Porro oder durch dessen Nachfolger J. G. Hofmann ist ja nicht zu denken, da die diesen wohlbekannten Möglichkeiten, durch die besondere Gestaltung der Prismenfolge die Rohrlänge zu verkürzen, damals in Jena unausgenutzt blieben. Man darf aber darauf hinweisen, daß Abbes Kunstgriff die Rohrlänge zu verkürzen, indem er an die Stelle des gewohnten farbenlosen Zweilinsers ein Teleobjektiv setzte, wohl eine größere Anerkennung verdient, als sie ihm damals zuteil wurde.

Allem Vermuten nach lehnte Carl Zeiss damals die Herstellung des neuen Fernrohrs in seinem kleinen, bereits überlasteten Betriebe ab und überließ es Abben, für sich selber mit einer eigentlichen Fernrohrwerkstätte abzuschließen. Dieser wird die durch die Wiener Weltausstellung gebotenen Möglichkeiten haben ausnutzen wollen und bereitete eine Reise nach Wien vor. Abbes Briefe aus dieser Zeit sind nicht mehr vollständig vorhanden, doch erfährt man <sup>6</sup> 257  $\omega$ , daß er in den großen Ferien dorthin gereist ist. Daß Zeiss von dieser neuen Erfindung einen tiefen Eindruck empfand, wird man um so eher glauben wollen, als er selber <sup>24</sup> 10 um 1851 herum für kurze Zeit Erdfernrohre geführt hatte.

Vermutlich fand Abbe in Wien, wo allerdings — etwa nach M. Eyth — die Stimmung bei seinem Besuche wenig unternehmend gewesen sein mag, bei den die Ausstellung besuchenden Optikern keine Zustimmung und mußte seine Hoffnung aufgeben, das neugebaute Prismenfernrohr dort zu verkaufen. Er scheint damals die Weiterführung dieses Gedankens aufgegeben zu haben, denn der Anstoß zur Wiederaufnahme und erfolgreichen Vollendung kam 20 Jahre später



aus einer Verhandlung, die ihm völlig andere Aufgaben nahebrachte.

Seine spätere Stellung zu diesem 1873 erlittenen Mißerfolge hat er wohl 1897 <sup>3</sup> 141 $\alpha$  näher geschildert. Völlig gesichert ist die Beziehung auf das Prismenfernrohr nicht, da er damals über die Anführung der Tatsache eines Mißerfolges im allgemeinen nicht hinausgegangen ist. Wenn aber — wie es nicht nur mir, sondern auch andern seiner persönlichen Bekannten scheint — die allgemeine Anführung dennoch auf das Prismenfernrohr zu beziehen ist, so hat er sich 1897 in folgender Weise zu dieser Erfahrung gestellt: Der Besitzer einer guten Erfindung sei bei Verkaufsunterhandlungen an sich im Nachteil, weil er einen noch unerprobten Gedanken — die Katze im Sack — absetzen wolle, und weil er ferner den stumpfen Widerstand aller derer überwinden müsse, die diesen Gedanken benutzen sollten, aber selber bereits auf einem derartigen Gebiete mit wirtschaftlichem Erfolge gearbeitet hätten. Diese Hersteller empfänden eine natürliche Abneigung dagegen, daß ihnen gegenüber auf dem eigenen Gebiete neue Wettbewerber aufträten. Sobald dagegen der neue Gedanke aus der gemeinsamen Tätigkeit vieler herausgewachsen sei, so seien eben durch die Arbeitsgemeinschaft die Mittel zu seiner Verwirklichung gegeben, und der schließliche wirtschaftliche Erfolg wurzele im wesentlichen in der Arbeitsgemeinschaft.

Als Carl Zeiss nun aber in demselben erfindungsreichen Jahre 1873 sah, wie Abbe seine nach S. 29  $\delta$  schon 1869 verwirklichte Refraktometeridee weiter ausbaute und bequem zu handhabende Spektrometer und Refraktometer in ausgezeichnete mechanischer Durcharbeitung herstellen ließ, da hat er sich dazu bestimmen lassen, im Anschluß an Abbes Beschreibung <sup>2</sup> 82ff im Mai 1874 (s. a. <sup>28</sup> 318/19) ein Preisblättchen über Spektrometer und Refraktometer herauszubringen. Das muß ihm um so höher angerechnet werden, als er im allgemeinen nicht sehr dafür war, solche im wesentlichen für Wettbewerber bestimmten Geräte zu liefern. Daher stockte die Herstellung und der Absatz derartiger Geräte nach Abbes eigenen

Worten <sup>28</sup> 311 $\alpha$  zeitweilig allerdings oder wurde sehr in den Hintergrund gedrängt. — Auf ein zu technischem Gebrauche bestimmtes Prozentrefraktometer wünschte Abbe (s. <sup>24</sup> 92<sup>1</sup>) ein preußisches Patent zu nehmen. Solche Geräte wurden anders eingeschätzt als die der reinen Forschung (s. S. 35  $\gamma$ ) dienenden Mikroskope. Zu diesen sei hier noch einmal wiederholt, daß <sup>26</sup> 164 $\alpha\beta$  er auf die neuen Formen keinen Patentschutz<sup>1)</sup> nahm, und daß sich Carl Zeiss mit dieser Regelung einverstanden erklärte, die Abbe in seiner Ehrfurcht vor jeder wissenschaftlichen Forschung als Bedingung seiner weiteren Mitarbeit gestellt haben wird. Vielleicht kam bei Zeiss auch die mangelnde Vertrautheit mit Patentsachen hinzu, denn einem Werkstattinhaber mit solcher Geschäftserfahrung wäre anders wohl die Nachsuchung eines gesetzlichen Schutzes auf eine Neuheit ersten Ranges als selbstverständlich erschienen. Wegen Abbes Stellung dazu mag hier auf seine gelegentliche Erwähnung <sup>3</sup> 135 $\delta$  hingewiesen werden: — . . . „Ich kann darauf kurz sagen, daß die für unsere Angelegenheiten „wertvollsten Patente diejenigen sind, welche wir „überhaupt nicht genommen haben und nicht zu „nehmen brauchten. Denn dieses Ansehen eines höheren „Wertes gegenüber den Produkten gleichartiger Arbeit brauchen „wir nicht erst durch die Abstempelung des Patentamtes zu „erlangen, das haben auch die anderen Erzeugnisse, welche „jeder nachmachen kann. Das Ansehen haben sie mit Recht, „trotzdem sie nicht durch Patente u. dergl. der Konkurrenz „vorbeugen, deswegen, weil sie Repräsentanten fort- „schrittlicher Leistung sind.“ . . . .

Man wird also sagen können, Abbe habe noch um das Ende von 1897 der wissenschaftlichen Leitung seines Betriebes einen derartigen Vorsprung vor den Wettbewerbern zuerkannt, daß die Zeissischen Waren von den Käufern in der Regel bevorzugt würden.

---

1) Ein deutsches Patentamt gab es 1871 noch nicht; darauf mußte man noch bis zum Juli 1877 warten. v. R.

Wenn man sich den Eindruck vergegenwärtigt, den die geradezu atemlose Gangart der Abbeschen Arbeit auf seinen Freund Carl Zeiss gemacht haben muß, um so mehr, als sie sich so gut wie ausschließlich auf das eigentliche Arbeitsgebiet seiner Werkstätte beschränkte, so versteht man die Größe des Entgegenkommens, das er seinem Freunde im Mai 1875 bewies.

Das Jahr 1875 ist in mehrfacher Hinsicht für die Beziehungen zwischen Zeiss und Abbe von Bedeutung. Zu denken ist an die schwere Erkrankung zunächst der Familie Abbes, dann die seiner selbst, wovon wir aus seinem vermutlich im März an den Kurator M. Seebeck gerichteten Schreiben <sup>6</sup> 164/65 wissen. Er mag unter dem Druck der vielen Ausgaben im Frühjahr ein Schreiben an Carl Zeiss gerichtet haben mit dem Vorschlage, mit seinem Gehalt nicht auf die Bestandsaufnahme am Ende des Geschäftsjahres warten zu müssen, sondern Teile seines auf etwa 6000 M. angenommenen Gehalts auch im Laufe des Geschäftsjahres erheben zu können.

Die Antwort seines Partners ist <sup>27</sup> 268/70 gegeben und läßt das Zusammenwirken dieser beiden Männer in einem schönen Lichte erscheinen: Carl Zeiss bewertete den für seinen Betrieb arbeitenden Gelehrten nicht nur als einen ungewöhnlich erfolgreichen Mathematiker, sondern auch als einen im Bau von Forschungsgeräten erfahrenen Physiker. Er wird an den Kondensor, das Apertometer, das Prismenfernrohr, das Spektrometer sowie die Refraktometer und schließlich an die verschiedenen Hilfsgeräte gedacht haben, die Abbe in der Zeit seiner Zusammenarbeit mit Löber für die optische Abteilung des Betriebes angegeben hatte.

Vor allen Dingen wird ihm aber sein über mehrere Jahre hin ausgedehntes Zusammenarbeiten mit Abbe vor Augen gestanden haben, dessen auf S. 36  $\gamma$  gedacht wurde. Auch wo uns davon keine aktenmäßige Kunde erhalten geblieben ist, werden wir annehmen können, daß der rechtlich denkende Inhaber bei dieser Tätigkeit den ungeheuren Unterschied erkannt hat, der zwischen der bloßen Berechnung leistungs-

fähiger Wasserlinsen — wie er sie im Februar 1869 verlangt und bis zum September 1871 erhalten hatte — und dem Ziele Abbes bestand, dem Bau von Mikroskopen und ihrer weiteren Vervollkommnung eine eben so sichere Grundlage zu geben, wie sie für das Objektiv des Himmelsfernrohrs durch J. Fraunhofer gelegt worden war.

Nur so wird es verständlich, daß Carl Zeiss auf Abbes Forderung eines Drittels von dem Gewinn der optischen Abteilung (von etwa 6000 M. nach Zeissens Schätzung) mit dem Angebot eines Drittels von dem Gewinn des ganzen Geschäfts (etwa 9—10000 M. nach Zeissens Schätzung) antwortete und mit der Zusicherung der Hälfte des Reingewinns, wenn Abbe stiller Teilhaber würde und selber die Hälfte des Zeissischen Geschäftsvermögens — also ein Drittel des gemeinsamen Betriebsvermögens — eingeschossen hätte. Carl Zeiss schlug eben die Bedeutung der Mitarbeit seines späteren Partners auch unter den damaligen kleinen Verhältnissen in seiner rechtlichen Weise sehr hoch an.

Abbe hat seinerseits die Großartigkeit dieses Angebots immer freudig anerkannt und hat nie vergessen, daß er sein Lebenswerk (die wissenschaftliche Begründung der Berechnung und des Baues der Mikroskope und ihre weitere Vervollkommnung) nur hatte durchführen können mit der opferbereiten Hilfe seines späteren Partners, und daß dessen rechtlicher Sinn ihm damals sogleich und ohne Winkelzüge die ihm gebührende Stellung zuerkannte. Nur so konnte er dann etwa zwölf Jahre später an seine großartige Übung sozialer Gerechtigkeit gehen, und man wird es hiernach verstehen, daß er die Stiftung seines Vermögens mit dem Namen des Mannes bezeichnete, durch dessen freiwilliges Angebot er ohne Kampf in die Lage gekommen war, eine solche Gerechtigkeit zunächst aus seinem persönlichen Geschäftsanteil zu üben.

Der Hauptvertrag zwischen den beiden Partnern scheint bereits am 15. Mai 1875 geschlossen worden zu sein, wie es <sup>26</sup> 166<sup>1</sup> hervorgehoben wurde. Doch ist <sup>6</sup> 218/20 auch noch ein Auszug aus einem am 22. Juli 1876 bedateten Verträge

mitgeteilt worden. Es sind gewisse Ergänzungen darin enthalten, von denen die folgenden hier erwähnt werden mögen. Für das Vermögen von Carl Zeiss ist der Betrag der Bestandsaufnahme vom 15. Mai 1875 mit etwa 66667 M. maßgebend. E. Abbe sollte, wie oben gesagt, bis zum 15. Mai 1885 die Hälfte davon, etwa 33333 M., einzahlen, um bis zu diesem Zeitpunkt  $\frac{2}{5}$  des Reingewinnes, nach dem 15. Mai 1885 aber die Hälfte zu beanspruchen. Abbe durfte seine akademische Tätigkeit nicht über das frühere Maß steigern, vor allem auch nicht ohne Zeissens Zustimmung ein Ordinariat in Jena oder gar außerhalb annehmen.

### Abbes wissenschaftliche Betätigung.

#### Die wissenschaftlichen Arbeiten für seine akademische Stellung.

Wenn man sich den früh im Jahre 1869 (s. S. 30  $\omega$ ) auf ihn ausgeübten Druck vergegenwärtigt, so ermißt man, welchen Schmerz es Abben bereitet haben muß, als er sich entschloß, die beiden von Snell so günstig beurteilten Arbeiten zurückzuziehen. Die Gründe dafür sind uns unbekannt geblieben. Da nun nach der Verleihung des Professortitels (s. S. 31  $\omega$ ) eine wissenschaftliche Veröffentlichung bald erfolgen mußte, so hat er 1870 seine erste Schrift als Hochschullehrer „Über einen Spektralapparat am Mikroskop“<sup>11</sup> eingeschoben, von der Ende 1869 und zu Anfang 1870 überhaupt keine Rede gewesen war. Dagegen hat er jene beiden älteren Aufsätze, wie noch genauer zu zeigen sein wird, 1871 zu einer besonders wichtigen Arbeit zusammengezogen, von der freilich auch nur der erste Teil erschienen ist.

#### Der Spektralapparat.

Das kleine Gerät soll gestatten, mit einem gewöhnlichen Mikroskop sowohl Spektren als auch Beugungserscheinungen zu beobachten. Das zusammengesetzte Mikroskop dient dabei als Okular, während das Objektiv durch eine aus mehreren Linsen bestehende Folge von etwa 25 mm Brennweite und je nach Wahl von 12 oder 20 mm Öffnung geliefert wird. Sie ist in eine zylindrische Hülse gefaßt, die sich in die Tischöffnung

so einschieben läßt, daß ihre Achse mit der des Mikroskops zusammenfällt und der bildseitige Brennpunkt in die Tischebene zu liegen kommt. Um auch mit einem vertikalen Mikroskop ohne Umlegung des Rohres beobachten zu können, wird ein Prisma vorgeschlagen, das außer durch die zweimalige Brechung auch noch durch die Totalreflexion an der 3. Fläche ablenkend wirkt. — Man kann alsdann schon durch eine 100fache Mikroskopvergrößerung die Wirkung eines gewöhnlichen Spektroskops auf einem Dreifuß mit Fernrohren von etwa 23 mm Öffnungsdurchmesser erzielen und kann nötigenfalls die Vergrößerung noch merklich steigern. Die Reinheit des Spektrums ist unter Verwendung der oben erwähnten Linsenfolge so groß, daß man schon bei 80- bis 100facher Mikroskopvergrößerung die Doppellinie bei D und die dunklen Streifen in der Nähe von G als Gruppen von vielen feinen Linien erkennt. Für die Lichtstärke ist die Öffnung von 12 und 20 mm entscheidend, doch wird man bei Beobachtung des hellen Sonnenspektrums auch noch stärkere Vergrößerungen verwenden können. — Die Beugungserscheinungen, für die das Prisma von der oben erwähnten Linsenfolge zu trennen ist, sind noch leichter zu beobachten; auch zeigt sie schon das kleinere Gerät noch bequemer als eine der üblichen Fernrohraufstellungen: „Alle von Schwersch und Fraunhofer studierten Erscheinungen dieser Klasse, besonders die mannigfachen Farbenspektren, welche enge Gitter, einfach oder paarweise gekreuzt, zeigen, lassen sich, teils mit Lampenlicht, teils mit Sonnenlicht, auf das Schönste vorführen.“ (s. <sup>1</sup> 12/13).

Aus Abbes Schriften ist mir (s. S. 51  $\psi$ ) nur bekannt, daß er für die Berechnung der Objektive zunächst an der von Naegeli u. Schwendener 1867 abgeschlossenen Lehre festhielt. Wenn man beachtet, daß jener Bericht am 23. Juli 1880 in der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaften vorgetragen wurde, und daß er damals jene Zeit der Unsicherheit aus einem Abstände von 10 Jahren schilderte, so wird man vermutlich nicht sehr fehlgehen, wenn man seine Entwicklung der Beugungslehre im Sommer 1870 beginnen läßt. Am Schluß seiner Überlegungen ist ihm die Bedeutung der Größe des Öffnungswinkels oder besser der Öffnungszahl  $\sin A = n \sin \zeta$  so gut wie sicher gegenwärtig gewesen. Dami stimmt es auch aufs beste überein, daß er seit dem Jahre 1870 die einfachen Apertometer verwandt hat, die <sup>24</sup> 21/22 abgebildet worden sind. Damals aber hat er, wie auf S. 34  $\omega$  dargelegt, die Sinusbedingung noch nicht gekannt, sie also auch nicht erfüllen können, und das hat also zu den oben besprochenen

Mißerfolgen geführt, denn er hebt <sup>1</sup> 219 $\alpha$  ausdrücklich hervor, daß die Erfüllung der Sinusbedingung der schwierigste Punkt bei der Berechnung guter Objektive mit den notwendigen großen Öffnungswinkeln sei.

Aber ihm wird gleich von Anfang 1871 an das Schicksal der großen Arbeit auf der Seele gebrannt haben, deren Teile im April 1870 seinem älteren Freunde K. Snell <sup>27</sup> 266/67 vorgelegen hatten. Wie schon auf S. 46  $\beta$  hervorgehoben wurde, kennen wir die Gründe nicht, aus denen Abbe die alte Fassung zurückzog; ihr Inhalt ist aber jedenfalls zum Teil in die 1871 veröffentlichte Arbeit übergegangen, und er würde vermutlich auch weiterhin bei dem leider nicht mehr veröffentlichten Schluß verwandt worden sein.

Die <sup>1</sup> 14 ff. im Jahre 1871 als Bruchstück veröffentlichte Erörterung über die Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente hebt zunächst hervor, daß zwar die geometrischen Eigenschaften des Strahlenlaufs namentlich durch die Arbeiten von Gauß und seinen Fortsetzern sehr weit entwickelt worden seien, und daß auch die Grundsätze für die Behandlung der einzelnen Abweichungen festständen, während im Gegensatz dazu die Überlegungen zur Lichtstärke noch nicht behandelt worden seien. Er wolle die Grundsätze der Photometrie allgemeinverständlich wiedergeben und aus ihnen allgemein Sätze über die Stärke der Lichtstrahlung an beliebigen Folgen brechender und spiegelnder Flächen ableiten. Dem sollte — und das ist schließlich nicht mehr veröffentlicht worden — eine Ableitung fester Regeln für die Beurteilung der wichtigsten besonderen optischen Vorkehrungen folgen. Die gesamte Theorie solle demnächst in einer besonderen theoretischen Schrift dargelegt werden, deren Verlag Quandt und Händel in Leipzig übernommen hätte.

I. Photometrische Grundbegriffe. Beleuchtungsstärke und Helligkeit; Leuchtkraft. Trotz der Annahme der Wellenlehre kann man den Begriff der einzelnen Strahlen beibehalten, die ja die Normalen der Wellenbewegung sind; die Grundaufgabe ist die Feststellung der Lichtstrahlung eines leuchtenden Flächenstückchens auf ein anderes von beliebiger Entfernung und Lage. Man hat zu unterscheiden zwischen der Menge der Strahlen, die von dem gegenseitigen Abstände und von der Lage beider Flächenstückchen gegen ihre Verbindungslinie, und der Leuchtkraft  $i$  des einzelnen Strahles, die von der Natur der Lichtquelle abhängt. Führt man nun noch unter  $\omega$  den körperlichen Winkelraum ein, unter dem das strahlende Flächenstückchen  $A$  vom Orte

des beleuchteten Flächenstückchens aus erscheint, nennt  $f$  die Größe des Flächenstückchens bei  $B$  und  $\alpha$  den Winkel zwischen der Verbindungslinie  $AB$  und der in  $B$  errichteten Normale, so ist nach Abb. 1

$$I = i \omega \cos \alpha f$$

die auf  $B$  gestrahlte Lichtmenge und die Lichtmenge, die die Flächeneinheit der beleuchteten Fläche erhält oder die auf ihr hervorgerufene Beleuchtungsstärke

$$s = i \omega \cos \alpha$$

Danach müssen zwei verschiedene Lichtquellen von ungleicher Größe, Gestalt und Lage genau dieselbe Wirkung an einem Orte hervorbringen, von dem aus gesehen sie sich so aufeinander projizieren, daß jede vom Orte der Wirkung nach ihnen hin gezogene Richtungslinie beide in Punkten gleicher Leuchtkraft trifft.

Danach aber kann man eine völlig gleichwertige leuchtende Fläche in demselben Mittel aber anders gelegen und anders gestaltet für eine in diesem Mittel bestehende Leuchfläche einführen, wenn man nur deren Leuchtkraft Punkt für Punkt auf die in der

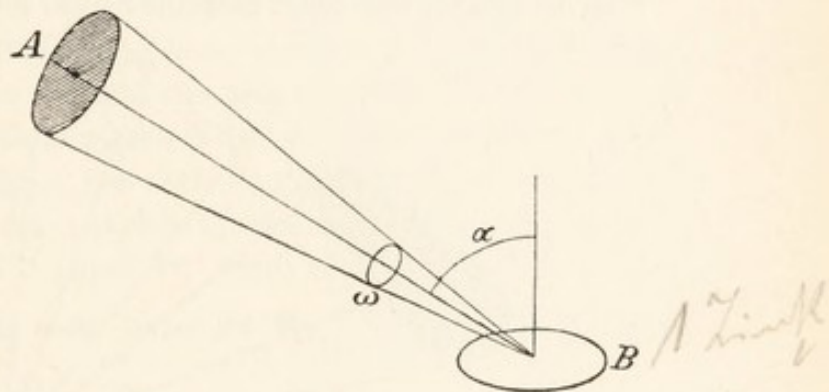


Abb. 1. Die Lichtwirkung des Flächenstückchens in  $A$  auf das in  $B$ . 118.

Projektion von  $B$  aus entsprechenden Punkte übertragen denkt. — Was aber die Helligkeit angeht, so kann dementsprechend die auf der Netzhaut des Auges bewirkte Beleuchtungsstärke als Helligkeit des daselbst vermittelten Lichteindrucks angenommen werden, solange die bestrahlte Fläche eine Anzahl empfindender Netzhautteilchen umfaßt. Beschränkt sich die bestrahlte Fläche bei punktförmig erscheinenden Sehdingen auf ein einzelnes Netzhautstäbchen, so ist die Helligkeit durch die diesem zugeführte absolute Lichtmenge zu bestimmen. — Setzt man in dem obigen Ausdruck für  $s$  sowohl  $\omega = 1$  (Einheit des körperlichen Winkels, unter dem  $A$  erscheint), als auch  $\alpha = 0$  (senkrechter Auffall der Strahlung auf  $B$ ), so wird  $s=i$ , und man kann sagen, daß die Leuchtkraft einer Lichtquelle ausgedrückt wird durch die Beleuchtungsstärke, die eines ihrer Flächenstückchen auf einer senkrecht bestrahlten Fläche in  $B$  hervorbringt, wenn es dort unter dem Einheitswinkel erscheint.

II. Die mittelbare Lichtstrahlung diffus reflektierender, sowie spiegelnder und brechender Flächen. Nimmt man zunächst den Fall diffus reflektierender Flächen und setzt einen Körper mit vollkommen rauher Oberfläche voraus, so wird von einer solchen



rauen Fläche alles weitergestrahlte Licht gleichmäßig nach allen Richtungen in den Raum zurückgesandt; alle Oberflächenteilchen verhalten sich also wie die Teilchen einer selbstleuchtenden Fläche und sie erteilen einem Flächenstückchen eines dritten Körpers die Beleuchtungsstärke

$$J = \tilde{i} \omega \cos \alpha$$

wo für  $\tilde{i}$  die erborgte Leuchtkraft gilt:

$$\tilde{i} = \frac{1}{2\pi} \epsilon s$$

Dabei ist  $\epsilon$  der Grad der Weisse oder Albedo, die der rauhen Oberfläche zukommt.

Geht man zu regelmäßig spiegelnden und brechenden Flächen über, so spaltet sich jeder einzelne Strahl im allgemeinen in zwei Strahlen,

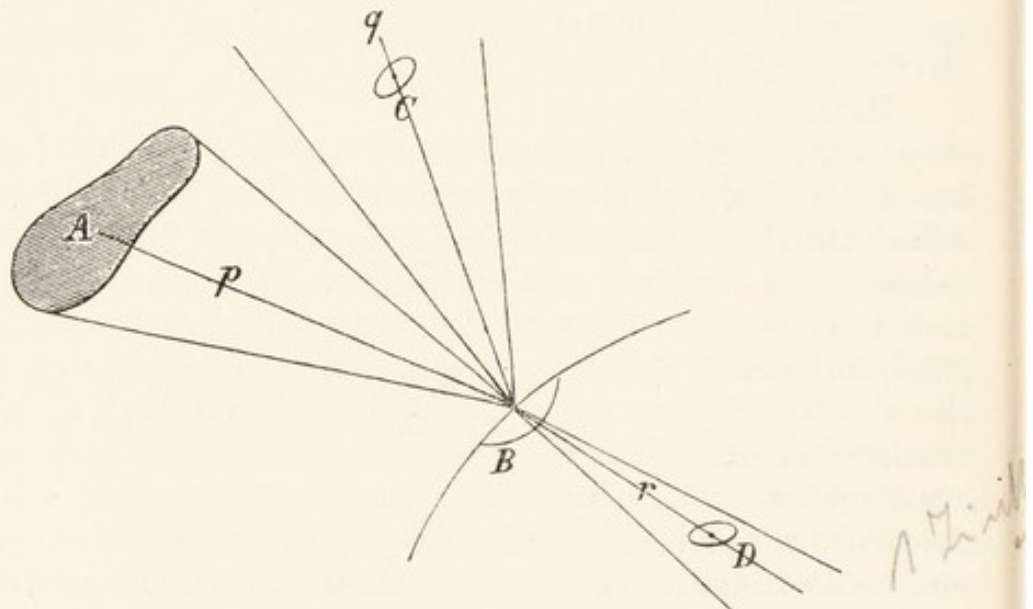


Abb. 2. Die Spaltung eines auf das Flächenstückchen um  $B$  einer gleichzeitig spiegelnden und brechenden optischen Fläche auffallenden Strahls  $p$  in den gespiegelten Anteil  $q$  und den gebrochenen  $r$ . <sup>124</sup>

deren jeder in einer ganz bestimmten Richtung fortgeht, nämlich der gespiegelte in das umgebende Mittel zurück, der gebrochene in das Innere des von der brechenden Fläche begrenzten Mittels. Nimmt man eine flächenhafte strahlende Lichtquelle  $A$  an, die auf ein Flächenstückchen  $B$  der spiegelnden und brechenden Fläche wirkt, so gehen Abb. 2 von  $B$  zwei kegelförmige Strahlenbündel aus, das eine nach dem Mittel um  $A$  zurück mit einem Flächenstückchen  $C$ , das andere in das von der Fläche umgrenzte neue Mittel mit einem Flächenstückchen  $D$ . Jedes Flächenstückchen  $B$  verhält sich nach der äußeren und nach der inneren Seite wie ein selbstleuchtendes, nur daß es diese Wirkung nicht nach allen Richtungen hin ausübt, sondern nur innerhalb der soeben erwähnten kegelförmigen Strahlenbündel. Jetzt sind natürlich die neuen Leucht-

kräfte  $\tilde{i}$  zu ermitteln, was hier aber nur für allein spiegelnde und allein brechende Flächen geschehen soll. Bei rein spiegelnden Flächen ist

$$\tilde{i} = i$$

und bei rein brechenden gilt

$$\tilde{i} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 i,$$

wo  $n_1$  die absolute Brechzahl des Mittels um  $A$ ,  $n_2$  das entsprechende für das Mittel um  $D$  bezeichnet. Die ursprüngliche Leuchtkraft  $i$  wird also innerhalb des neuen Mittels im Verhältnis des Quadrats der auf das erste Mittel bezogenen Brechzahl vergrößert. Diese Überlegung läßt sich nun einfach auf eine Folge rein brechender oder rein spiegelnder Flächen übertragen.

Die Wirkung einer beliebig gegebenen Lichtquelle durch eine solche Folge an einem bestimmten Punkte des letzten Mittels läßt sich stets ersetzen durch die einer in dem letzten Mittel  $n'$  willkürlich angenommenen beliebig gestalteten Fläche, der man Punkt für Punkt eine Leuchtkraft beilegt, die sich aus der Leuchtkraft des entsprechenden Punktes von  $A$  ableitet, und zwar ihr gleich ist, wenn das letzte Mittel  $n'$  dem  $n$  um  $A$  gleich ist und mit dem Quadrate von  $\frac{n'}{n}$  zu multiplizieren ist, wenn die Ungleichung  $n' \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} n$  gilt.

Daraus folgt aber, daß keine noch so kunstreich erdachte Verbindung spiegelnder und brechender Flächen für eine Beleuchtung in dem Endmittel von gleicher Brechzahl  $n$  wie der Umgebung von  $A$  mehr leisten kann, als sich ohne alle Zwischenmittel erreichen ließe, wenn man der ursprünglichen Lichtquelle eine beliebige Ausdehnung geben oder sie beliebig nähern könnte.

Die weiteren Folgerungen über die Kondensoren der Mikroskope stimmen, wie Abbe ausdrücklich hervorhebt, mit den Auseinandersetzungen von Naegeli u. Schwendener in der ersten Auflage ihrer Schrift über das Mikroskop aus dem Jahre 1867 überein.

III. Die Lichtwirkung durch Folgen zur Achse ausgerichteter Kugelflächen. Läßt man nun von der allgemein sehr wohl durchzuführenden Behandlung etwas nach und beschränkt sich auf eine Folge zur Achse ausgerichteter spiegelnder oder brechender, in den meisten Fällen sogar nur brechender Kugelflächen, so sei ein strahlender Gegenstand angenommen vor einer beliebigen Folge ausgerichteter Kugelflächen, die zunächst nur so behandelt werden, als wenn die Abbildungsgesetze im Gaußischen achsennahen Raum allgemeine Gültigkeit hätten. Wir wollen außerdem darauf hinweisen, daß die folgenden Überlegungen von großer Bedeutung stillschweigend voraussetzen eine während der Verwendung an dem gleichen Orte blei-

bende Flächenfolge, in deren Innerem beim Gebrauch auch keine Veränderungen eintreten dürfen. Diese stillschweigend festgehaltenen Überlegungen sind darum besonders zu betonen, weil sie tatsächlich die Behandlung des blickenden und des dabei akkommodierenden Auges ausschließen.

Betrachtet man nun das Bild des strahlenden Gegenstandes im Bildraum der Folge ausgerichteter Flächen, so wird es — gleichgültig, ob es reell (auffangbar) oder virtuell (unzugänglich) ist — als die Quelle aller Strahlungswirkungen im Bildraume aufgefaßt werden müssen, sowohl für die Beleuchtung anderer (sonst dunkler) Gegenstände als auch für die Beleuchtung der Netzhaut und damit für den Sehvorgang. Das leuchtende Bild wirkt genau wie der leuchtende Gegenstand bis auf den einen Umstand, daß seine Oberflächenteilchen nicht allseitig strahlen, sondern nur in den unter II allgemein hervorgehobenen Winkelräumen, deren Bestimmung nach den nunmehr durchzuführenden Überlegungen möglich wird.

Die Begrenzung der Strahlung ist nämlich in allen Fällen rein mechanisch gegeben, sei es durch die zur Achse ausgerichteten Linsenränder oder durch besondere Blenden, die auch, so gut wie immer zur Achse ausgerichtet, den Strahlen innerhalb eines gewissen [geometrisch in aller Strenge bestimmbaren] Winkelraumes den Durchgang durch die ganze Linsenfolge gestatten. Wird ein Gegenstand — wie etwa das Schauwerk (Präparat) eines Mikroskops — im Dingraum von einer weiter vorwärts gelegenen Lichtquelle beleuchtet, so kann deren vom Dingpunkte aus bestimmter scheinbarer Umriß gegebenenfalls auch den Winkelraum bestimmen. In jedem Falle wird man sich die freie Öffnung der abbildenden Linsenfolge immer zurückführen können auf eine im ersten Mittel liegende durchsichtige Fläche in einer den Strahlenlauf der Lichtquelle beschränkenden, nach Art einer Blende wirkenden undurchsichtigen Wand.

[Die erste Form der Strahlenbegrenzung.] Stellt man sich jetzt in Abb. 3 einen Achsenschnitt durch die ausgerichtete Flächenfolge  $R$  vor, so entspricht nicht allein dem leuchtenden Gegenstande  $a$  im Bildraume das [hier auffangbar angenommene] Bild  $b$ , sondern auch der Öffnung  $\alpha$  ein [hier ebenfalls auffangbar angenommenes] Öffnungsbild  $\beta$ . Denn man kann die von  $a$  ausgehenden Strahlen nicht allein zusammenfassen in Bündel, die von irgendeinem Punkte, etwa  $m$ , des Gegenstandes sondern ebensogut in Bündel, die von irgendeinem Punkte, etwa  $\mu$ , der Öffnung ausgehen. Jedes spitze Strahlenbündel muß aber nach den oben gemachten Voraussetzungen über den Gaußischen Raum auch im Bildraume wieder ein spitzes Strahlenbündel ergeben, wo die Spitzen als Ding- und Bildpunkt einander entsprechen. Die so eingeführte Öffnungsbegrenzung wird hier noch als Öffnungsbild  $\beta$  bezeichnet, während dies später<sup>1)</sup> als Austrittspupille dem allgemeineren Falle der Ein-

1) Genaue Angaben zu der Zeit, wann er diese allgemeine Bezeichnung der Eintritts- und der Austrittspupille einführte, kann ich nicht

trittspupille entspricht. Handelt es sich bei der Linsenfolge um eine Hinter- oder eine Innenblende, so ist die Öffnung (ganz im Sinne der späteren Bezeichnung der Eintrittspupille) durch alle ihr vorausgehenden Linsen in rückkehrender Lichtrichtung in den Dingraum abzubilden.

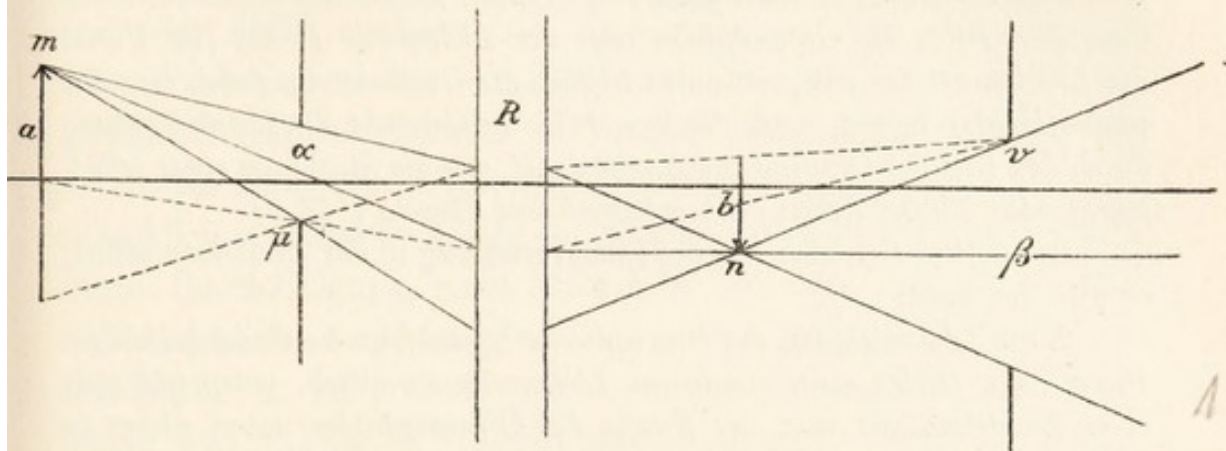


Abb. 3. Die Strahlungsvermittlung durch eine beliebige ausgerichtete Linsenfolge  $R$ , bewirkt durch ein ebenes Ding  $a$  mit seinem ebenen Bilde  $b$  und durch die ebene Öffnung (später die Eintrittspupille)  $\alpha$  mit deren ebenem Öffnungsbild (später der Austrittspupille)  $\beta$ . <sup>134</sup>.

Das Auge bildet mit seiner Pupille ein gutes Beispiel für diese nur auf den ersten Blick verwickelt erscheinenden Beziehungen.

Wendet man sich nach diesem Hinweis auf Abbes erste Form der Strahlenbegrenzung nun wieder zu den bloßen Leuchtwirkungen zurück, machen. Die einzige Stelle seiner Schriften, die ich heranziehen kann, stammt vom Jahre 1880 und findet sich <sup>1</sup> 255 $\beta$  bei der Besprechung seines stereoskopischen Okulars, wo es heißt: „Beide Male ist die Pupille „des Mikroskops in zwei! Halbpupillen auseinandergezogen.“ Dabei handelt es sich um die Austrittspupille des vollständigen Mikroskops jeweils mit einem gewöhnlichen und mit seinem stereoskopischen Okular. Aber er nimmt diese Bezeichnung bei dem angeführten Aufsatz nicht in den allgemeinen Gebrauch, dem auch dort der damals 9 Jahre alte Ausdruck des Öffnungsbildes weiter dient. — Zeitlich am nächsten liegt das Auftreten der neuen Bezeichnung in <sup>12</sup> 61/63, wo die Begriffe der Pupillen im Ding- und im Bildraum deutlich auseinandergesetzt werden. Aber man wird nach <sup>27</sup> 275  $\gamma$  annehmen können, daß Abbe Dippeln schon früh, vielleicht um oder bald nach 1879, unterrichtet hatte. Die Veröffentlichung verzögerte sich bis 1882 wegen des großen Umfanges von Dippels Werk. — In <sup>10</sup> 156  $\delta$  werden diese Ausdrücke auch eingeführt, und ich kann auf Grund eines leider nicht bedateten stenographierten Kolleghefts Czapskis (S. 207/8) versichern, daß Abbe damals — in der 2. Hälfte der 80er Jahre — bei seinen Vorlesungen die Eintritts- und die Austrittspupille ebenfalls eingeführt hat.

v. R.

so wird man verständlicherweise das Bild der Lichtquelle zum Träger der Leuchtwirkung im Bildraum machen.

Damit aber lassen sich nun die beiden Strahlungssätze aussprechen:

1. *die gesamte Strahlungswirkung, die eine optische Flächenfolge im Bildraum vermittelt, ist nach allen Beziehungen vollständig bestimmt, wenn man dem Bilde des Gegenstandes oder der Lichtquelle Punkt für Punkt die Leuchtkraft der entsprechenden Stellen des Gegenstandes (oder eine ihr proportionale) beilegt, und die vom Bilde ausgehende Strahlenverbreitung durch das Bild der Öffnung so begrenzt denkt, wie die Strahlung einer selbstleuchtenden Fläche durch eine entsprechende Blende (<sup>1</sup>38  $\psi$ ).*

Handelt es sich aber um die Lichtverteilung in der Bildebene selbst, so gilt der Satz:

2. *die Lichtwirkung, die eine optische Linsenfolge in einem beliebigen Punkte des Bildes einer gegebenen Lichtquelle vermittelt, entspricht stets einer Lichtstrahlung aus der Fläche des Öffnungsbildes, wenn dieser in allen Teilen die Leuchtkraft des zugehörigen Objektpunkts beigelegt wird — oder eine dieser im Verhältnis des Quadrats der Brechzahlen proportionale — falls das letzte Mittel vom ersten verschieden ist (<sup>1</sup>42  $\psi$ ).*

Mit einigen allgemeinen Hinweisen auf die Bedeutung der Abweichungen von dem hier vorausgesetzten Idealfall namentlich auf den Einfluß der Abweichungen der abbildenden Linsenfolge schließt die Abhandlung, der Abbe den versprochenen zweiten Teil nicht mehr folgen ließ. Hier sollte <sup>1</sup>16  $\beta$  noch Platz finden:

„Aus [dem hier gekennzeichneten Teil] sollen weiter feste Regeln ,abgeleitet werden für die Beurteilung der namhaftesten besonderen ,Formen optischer Geräte, als da sind: Camera (Auge), Fernrohr, Mikroskop und Geräte zur Beleuchtung; und zum Schluß soll noch — als ,ein Beispiel der Anwendung der zu entwickelnden Theorie auf die ,verwickelteren Vorkommnisse der Anwendung — eine mehr ins einzelne ,gehende Erörterung der mannigfachen Wirkungsarten folgen, wie ,solche bei der Verbindung des Mikroskops mit verschiedenen Beleuchtungsvorrichtungen zur Geltung kommen.“

Eine Wirkung auf weitere Kreise hat diese glänzende Arbeit nicht ausgeübt, obwohl der hier besonders hervorgehobene Abschnitt über die erste Form der Abbeschen Strahlenbegrenzung eigentlich zur Anwendung auf optische Vorkehrungen wie die Aufnahmelinse und das Erdfernrohr aufgefordert haben sollte. Daß das so gar nicht geschah, lag an der sehr entschiedenen Abneigung der Physiker und namentlich der Lehrbücher schreibenden Physiker, sich mit solchen technischen Dingen zu beschäftigen.

Wenn man sich nun fragt, wie sich die gewaltige Tätigkeit Abbes in der Werkstätte und für sie in den auf den Februar 1869 folgenden Zeiten mit seinem Hauptberufe als Dozent vertrug, so gibt nach dem Vorlesungsverzeichnis das Sommersemester 1869 noch keinen Aufschluß; er hat danach zwei neue Vorlesungen 17: Physikalisches Praktikum und 18: Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik und Physik gelesen, wie er sie im Lauf des Wintersemesters angezeigt hatte. In wirtschaftlicher Hinsicht hat er im Anfang der Rechnungen <sup>26</sup> 163  $\omega$  diese Beschäftigung noch aufgefaßt als eine verhältnismäßig nebensächliche Beschäftigung (man vergl. auch S. 32  $\alpha$  über sein Publicum im S.S. 1869) neben seinem Berufe als Hochschullehrer und <sup>3</sup> 138  $\psi$  = <sup>27</sup> 285  $\omega$  bestimmt nicht geglaubt, daß sie ihm einen hohen wirtschaftlichen Gewinn abwerfen würde.

Aber mindestens über die Nebensächlichkeit dieser Arbeit wird sich seine Meinung bald geändert haben; so sehen wir, daß er vom Wintersemester 1870/71 bis zum Sommersemester 1874 nur Vorlesungen wiederholt, aber keine neuen ankündigt, und als er davon im Sommersemester 1874 abgeht, da heißt die neue Vorlesung Dioptrik und Theorie der optischen Instrumente. In unserm Falle erhalten wir also aus den verständig benutzten Vorlesungsverzeichnissen eine gleichzeitige Aussage über Abbes Tätigkeit. Selbst seiner gewaltigen Arbeitskraft war es unmöglich, die neu übernommenen Pflichten gleichsam im Nebenamt zu erledigen: sie drängten sich eben vor, und als er am Ablauf des 4. Jahres eine neue Vorlesung anzeigt, da ist es eine optische, oder mit andern Worten, er hat das technische Gebiet wissenschaftlich behandelt und die Lehre davon in seinen eigentlichen Pflichtenkreis aufgenommen.

Leider kennen wir (s. S. 53 <sup>1</sup>) auch von dieser Vorlesung den Inhalt im einzelnen nicht. Doch teilte S. Czapski <sup>10</sup> 26  $\beta$  1891 mit, daß Abbe in seinen Universitätsvorlesungen seit Anfang der 70er Jahre — es kann sich also nur um die erste optische Vorlesung vom Sommersemester 1874 gehandelt haben — die aus der als bestehend angenommenen Eindeutigkeit der Verbindung von Punkten des Bild- zu dem des Ding-

raums folgende kollineare Beziehung bereits damals vorgetragen hatte. Wahrscheinlich hat er auch gleich von Anfang an die ihm eigentümliche Beziehung der Bildlage und -größe auf die Brennpunkte  $F'$  eingeführt, während er doch bei J. B. Listing (s. S. 11  $\beta$ ) eher an die Knotenpunkte  $H, H'$  als Grundpunkte gewöhnt war. Aber namentlich beim starken Mikroskopobjektiv war die praktische Bedeutung von  $F'$  so augenfällig, daß er eben von der gewohnten Anlage abwich.

Je deutlicher aber der Wert dieser Arbeiten wurde, je klarer er ermaß, welche Dienste er nicht nur dem Jenaer Unternehmen, sondern auch der Physik, namentlich aber den biologischen Wissenschaften durch die Fortführung seiner Arbeiten zu leisten vermochte, um so mehr wird er jeden Widerspruch gegen die neue Arbeit aufgegeben haben. Als Carl Zeiss ihm im Februar 1869 gedrückt und bekümmert seine Sorgen klagte und um seine Hilfe bat, da wandte er sich an die rechte Stelle, oder unserm Meister Abbe waren, wenn man will, magisch leise Schlingen zu künftigem Band um seine Füße gezogen worden. Wenn Abbe später  ${}^3 4\beta = {}^{26} 163^1$  und  ${}^3 30\beta = {}^{34} 20\beta$  auf die alte Zeit in flüchtigen Hinweisen zu sprechen kam, so hat er vorwiegend eben des Februars 1869 als des Anfangs seiner Beziehungen gedacht, denn erst im Verlauf dieser Arbeiten empfand er — nicht ohne inneres Widerstreben — die Notwendigkeit, sich zu beschränken, der gar bald eine festere geschäftliche Bindung folgen sollte.

Die Bewertung seiner Tätigkeit durch die Regierung ist um diese Zeit herum sehr erfreulich. Während es zunächst bei der jährlichen Neubewilligung der seit 1865 gewährten Vergütung von 600 M. geblieben war, erwirkte ihm M. Seebeck für 1873 in dem Etat der Universitätskasse ein aus der Weimarschen Separatkasse zu zahlendes Jahresgehalt von 900 M. und für das Jahr 1873 daneben noch (wie für einige andere Extraordinarien) eine einmalige Unterstützung von 300 M. Im Jahre 1874 wurde, wieder auf Seebecks Antrag, Abbes Besoldung auf 1500 M. erhöht, so daß man mit Befriedigung feststellt, das Großherzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach habe

in einer Angelegenheit, die damals nur von ganz wenigen unserer Landsleute richtig beurteilt werden konnte, nach Maßgabe der verfügbaren knappen Mittel eine würdige und schöne Stellung eingenommen.

Natürlich lag es Abben ganz fern, auf dem inzwischen errungenen Lorbeer auszuruhen, er hat ja gerade nach 1871 und 1872 mit dem größten Eifer weitergearbeitet. Aber, um dem Leser eine einigermaßen zutreffende Vorstellung von der Richtung und dem Ziele seiner Arbeiten zu geben, soll hier in engem Anschluß an <sup>1</sup> 200/05 eine kurze Darstellung gegeben werden, woraus man <sup>n</sup> sich eine deutliche Vorstellung von der Leistung der Objektive mit gleichzeitiger Fehlerhebung (Simultankorrektion nach Abbe) und der Objektive mit unabhängiger Fehlerhebung (nach einem frühen Polyop-Objektiv) machen kann.

### **Abbes Polyop-Objektiv vom Herbst 1873 und der Einblick in die neue Objektivanlage.**

Unsere Zeit hat durch H. Boegeholds glückliche Auffindung <sup>7</sup> einer frühen Form des ersten Polyop-Objektivs von 1873 und seine sorgfältige Durchrechnung ein viel sichereres Mittel erhalten, die allmähliche Entwicklung der Abbeschen Ziele bei der Berechnung leistungsfähiger Objektivanlagen zu erkennen.

Das macht sich, wie weiter unten zu zeigen sein wird, sowohl durch ein besseres Verständnis seines 1878 abgestatteten Berichts über die Londoner Leih-Ausstellung von 1876 geltend als auch durch eine gerechtere Bewertung der zusammenfassenden Übersicht über seine Rechenverfahren, mit der er seinen Londoner Vortrag vom 11. Juni 1879 eröffnet hat.

Als er im September 1871 nach 2½jährigen Mühen seine Rechenarbeiten für die Jenaer Werkstätte vorläufig abgeschlossen hatte, war er mit dem Ergebnis nicht eigentlich zufrieden, denn er hatte mit der Bekämpfung des störendsten Farbenfehlers keinen Erfolg gehabt.

Man wird hier am besten tun, an Hand seiner Auseinandersetzungen in London <sup>1</sup> 196/199 die störenden Fehler der alten Anlage zu besprechen und sie durch Rechenergebnisse zu belegen, wie sie aus der trigonometrischen Durchrechnung des alten Muster-Achromats D (mit 'A = 0.65 und f' = 4.1 mm) erhalten wurden. — Die Rechenergebnisse sollen hier in einer der Fachwelt 1898 bekanntgegebenen Weise in Schaubildern dargestellt werden. Daß Abbe seine Erörterungen in London nicht durch



ähnliche Bilder unterstützte und dem Verständnis der Leser nahebrachte, ist wohl durch seine eigenartige Rechenanlage zu erklären, die er <sup>1</sup> 203/04 durch die Zerlegung der ganzen Flächenfolge in ein Vorder- und ein Hinterglied angedeutet hat. Dieser Mangel an Anschaulichkeit war wohl der Grund dafür, daß seine damaligen Erörterungen auf die Fachwelt keinen tieferen Eindruck machten.

Die alten Mikroskopobjektive — und so auch unser Musterachromat D (Abb. 4) — sind nach Abbes Einteilung durch gleichzeitige Fehlerhebung entstanden. Die Glasflächen gegen Luft führten eben im Endergebnis Fehler vom Gepräge der Unterbesserung ein, die durch die Kittflächen<sup>1)</sup> mit Abweichungen vom Gepräge der Überbesserung ausgeglichen werden mußten. Diese Kittflächen wirkten ausgleichend zugleich auf die Öffnungs- und auf die Farbenfehler, und diese Gemeinsamkeit ihrer Wirkung war es, die Abbe mit dem Ausdruck der Simul-

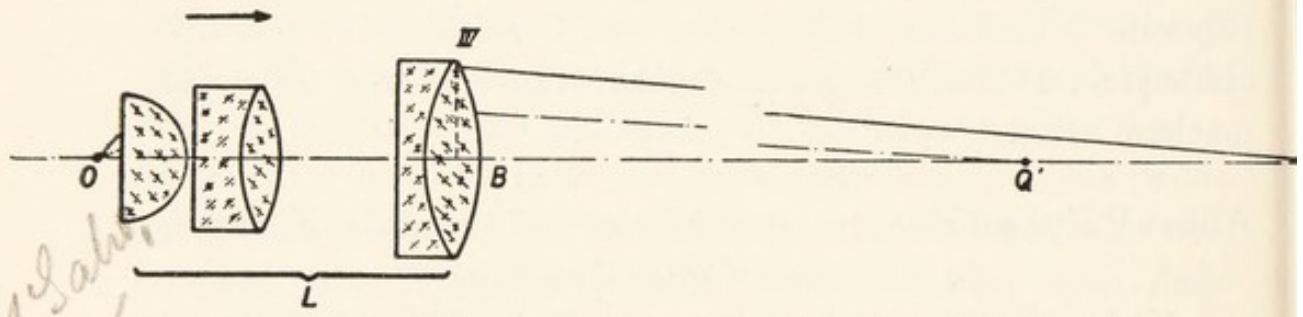


Abb. 4. Der Musterachromat D und eine Übersichtsdarstellung der Zwischenfehler mittels des äußersten Strahls (entsprechend  $\bar{\zeta}$  mit der Austrittshöhe IV) und des mittleren Strahls (mit  $\zeta$ ). Die Schnittweite bis zu einem zwischen  $O'$  und  $Q'$  liegenden Punkt  $O'\zeta$  ist im Text mit  $x = BO'\zeta$  bezeichnet. Nach <sup>25</sup> 6 und <sup>7</sup> 9.

tankorrektion beschrieb. Er zeigte nun durch eine allgemeine Überlegung — das rasche Ansteigen der überbessernden Wirkung einer solchen Kittfläche durch das bei Abnahme der Wellenlänge schnellere Anwachsen der Brechzahl des Flintbestandteils —, daß man mit einer solchen Anlage die Öffnungsabweichung nicht für verschiedene Farben gleichzeitig heben könne.

Zu der im nachstehenden verwandten Art der Darstellung ist zu bemerken, daß sich bei einer Linsenfolge großer Öffnung  $\bar{\zeta}$ , wo die Öffnungsabweichung gehoben ist oder mit andern Worten der Schnittpunkt der achsennahen und der unter  $\bar{\zeta}$  von O ausfahrenden Randstrahlen in  $O'$  zusammenfällt, merkliche Zwischenfehler einstellen. Namentlich für die Strahlung geringer Neigung  $\zeta$  liegen die Schnittpunkte mit der Achse

1) Bei den marktgängigen Objektiven werden darunter meistens Flächen zu verstehen sein, an denen Kron- und Flintlinsen zusammenstoßen. Doch sollen darunter später auch solche Flächen gerechnet werden, bei denen eine Glaslinse an ein flüssiges Nachbarmittel grenzt.

links von  $O'$ : es handelt sich also dort um Abweichungen im Sinne einer Unterbesserung. Rechnet man mehrere geringer als  $\bar{\zeta}$  geneigte Öffnungsstrahlen durch, so läßt sich mit beliebiger Genauigkeit die dingseitige Neigung  $\zeta$  ( $0 < \zeta < \bar{\zeta}$ ) ermitteln, für die der zugehörige Schnittpunkt  $Q'$  von  $O'$  aus gerechnet am weitesten nach links fällt. Die Strecke  $O'Q'$  wird also, wenn  $\zeta$  von 0 über  $\zeta$  bis zu  $\bar{\zeta}$  zunimmt, von dem bildseitigen Schnittpunkt zweimal überdeckt. Und zwar bewegt er sich für Werte  $\zeta$  ( $0 < \zeta < \bar{\zeta}$ ) von rechts nach links (kennzeichnet also eine Unterbesserung der Flächenfolge) und für Werte  $\zeta$  ( $\bar{\zeta} < \zeta < \bar{\zeta}$ ) von links nach rechts (kennzeichnet also eine Überbesserung der Flächenfolge). Die Strecke  $O'Q'$  sei im folgenden als Gesamtbetrag der Zwischenfehler gekennzeichnet.

Da eine solche Überlagerung zweier Punktfolgen  $O'Q'$  und  $Q'O'$  nicht ganz einfach zu verstehen ist, namentlich wenn man sich über die Geschwindigkeit des Schnittpunktes an jedem Ort Rechenschaft geben will, so soll im folgenden immer ein Schaubild mit rechtwinkligen Koordinaten entworfen werden.

Dabei war es besonders bequem, als Ordinate  $y$  die aus jeder trigonometrischen Durchrechnung folgende Durchstoßhöhe der letzten Fläche der Folge aufzutragen. Diese ist zugleich mit großer Annäherung die Durchstoßhöhe der hinteren Brennebene einer solchen starken aplanatischen Objektivfolge. Für die Durchstoßhöhe  $h'$  der hinteren Brennebene einer solchen Folge gilt

$$\sin \zeta = -\frac{h'}{f'}; h' = -f' \sin \zeta,$$

und daraus folgt, daß man bei der rechnerisch bequemen Verwendung dieser Durchstoßhöhen tatsächlich die Öffnungszahlen selber (vervielfacht mit der Objektivbrennweite  $f'$  in Luft) für die Ordinaten  $y$  gewählt hat. Die Abszissen  $x$  werden durch die Abstände  $BO'\zeta$  geliefert. — Da man sich im allgemeinen auf 3 bis 4  $\zeta$ -Werte beschränkt, so kann man diese bevorzugten Ordinaten  $y$  im Schaubilde kenntlich machen und damit zugleich die Zuverlässigkeit der aus der Zwischenschaltung ermittelten Ziffernwerte verdeutlichen.

Begonnen werde mit der Durchrechnung für das grüne Licht der Linie e ( $\lambda = 0.546 \mu$ ), denn dafür ist der Musterachromat D bei voller Öffnung ( $\bar{\zeta} = 40\frac{1}{2}^\circ$ ) frei von Öffnungsabweichungen anzusetzen.

Für die Höhen	0	I	II	III	IV
		1.34	1.89	2.32	2.67 mm
erhält man die x-Werte	166.0	161.5	160.5	162.0	165.6 mm

in Millimetern mit einer Bruchstelle.

Verbindet man diese 5 Punkte durch einen stetigen Kurvenzug in Abb. 5, so erkennt man sofort, daß der Punkt  $Q'$  hier durch 160.4 mm bestimmt ist, und man erhält  $O'Q' = -5.6$  mm für den Gesamtbetrag der Zwischenfehler bei grünem Licht der Linie e.

Aus der bloßen Betrachtung von Abb. 5 kann man schon ein Urteil über die Bewegung des Schnittpunkts auf der Strecke  $O'Q'$  erhalten, wenn man den Wert von  $\zeta$  ein wenig ändert. Hat man mit ausreichender Genauigkeit den Zusammenhang von  $y$  und  $x$  etwa durch  $y = f(x)$  dargestellt, so folgt aus

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} \text{ einfach } dx = dy \operatorname{ctg} \alpha$$

als der Wert der Achsenschnittverschiebung in dem Gebiet  $O'Q'$ , wenn man an einem beliebigen Punkte der Kurve den Wert von  $y$  durch  $y + dy$  ersetzt.  $\operatorname{ctg} \alpha$  gibt alsdann den Ziffernwert und das Vorzeichen.

Nimmt man entsprechende Rechnungen vor für die rote Linie C, deren Wellenlänge mit  $\lambda = 0.656 \mu$  die der grünen Linie e übertrifft,

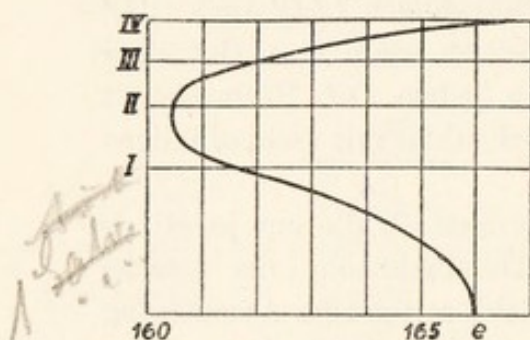


Abb. 5. Die Zwischenfehler des Achromats  $D$  für grünes Licht der Linie e. Nach <sup>7</sup>12.

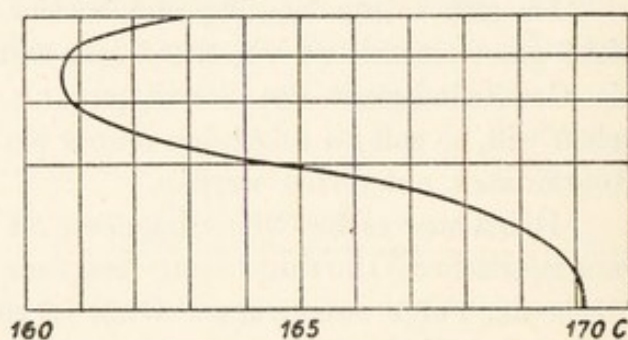


Abb. 6. Die Zwischenfehler des Achromats  $D$  für rotes Licht der Linie C. Nach <sup>7</sup>12.

so erhält man für die gleichen Höhen wie dort die in Millimetern gemessenen Abszissen

170.2 164.1 161.0 160.9 162.9

und kann danach die neue Kurve von Abb. 6 entwerfen. Man erkennt, daß die neue Kurve im ganzen eine merkliche Unterbesserung erkennen läßt, vornehmlich nach links hin verläuft und sich erst zwischen den Höhen II und III nach rechts wendet. Ließen es die Linsendurchmesser zu, so würde der O-Wert 170.2 erst bei einer IV merklich übersteigenden Austrittshöhe erreicht werden. Der Abstand  $BQ'$  ist etwa 160.7 mm, und es ergibt sich demnach  $O'Q' = -9.5$  mm, also für den Gesamtbetrag der Zwischenfehler eine merklich größere Ziffer.

Wendet man sich nun zu der blauen Linie F mit der Wellenlänge  $\lambda = 0.486 \mu$ , so erhält man — wieder für die obigen Höhen — die in Millimetern gemessenen Abszissen:

166.0 163.2 163.5 167.2 173.1

und vermag damit die Kurve von Abb. 7 niederzulegen. Auf den ersten Blick sieht man, daß diese Kurve eine starke Überbesserung zeigt. Da sich hier  $BQ' = 163.1$  mm ergibt, so wird  $O'Q' = -2.9$  mm. — Der Gesamtbetrag der Zwischenfehler ist hier also merklich geringer als bei der Linie e, was zu dem Ergebnis von Abb. 6 befriedigend stimmt.

Der Musterachromat D ist also für das Licht der blauen Linie F bei einer Austrittshöhe etwas unter III von der Öffnungsabweichung befreit.

Entsprechende Verhältnisse trifft man an, wenn man die Folge D für violettes Licht der Linie G' mit  $\lambda = 0.434 \mu$  durchrechnet. Für die alten Höhen ergeben sich die in Millimetern gemessenen Abszissen

170.0 169.3 172.3 179.9 190.8

Entwirft man damit die Abb. 8, so sieht man, daß D für dieses violette Licht in einem gewaltigen Maße überbessert ist, denn BQ' ergibt sich zu 169.2 mm, und man erhält  $O' Q' = -0.8$  mm, also eine sehr kleine Größe für den Gesamtbetrag der Zwischenfehler; freilich ist D für dieses Licht nur bei einer Austrittshöhe zwischen I und II von der Öffnungsabweichung befreit.

Faßt man die an diesem Musterachromat D (mit  $\lambda A = 0.65$  und  $f' = 4.1$  mm) gemachten Erfahrungen zusammen, so besteht bei dieser Flächenfolge eine sehr

merkliche Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung. Geht man davon aus, daß die Öffnungsabweichung für grünes Licht der Linie e und die volle Öffnungszahl 0.65 gehoben ist, so beläuft sich für grünes Licht der Gesamtbetrag der Zwischenfehler auf einen Ziffernwert von 5.6 mm. Für Licht von größerer Wellenlänge ist D merklich unterbessert (mit andern Worten die Öffnungsabweichung wäre für eine größere Öffnungszahl gehoben, wenn nur die Linsendurchmesser ausreichten), und der Gesamtbetrag der Zwischenfehler steigt für rotes Licht der Wellenlänge von C auf 9.5 mm an. Für Licht geringerer Wellenlänge — etwa F und G' — ist das Musterobjektiv D um so mehr überbessert, je kürzer die Wellenlänge ist; beschränkt man sich auf die entsprechend kleinere Öffnungszahl, für die die Öffnungsabweichung gehoben ist, so nimmt der Gesamtbetrag der Zwischenfehler ziffernmäßig ab. In den beiden oben angedeuteten Fällen beträgt er nur 2.9

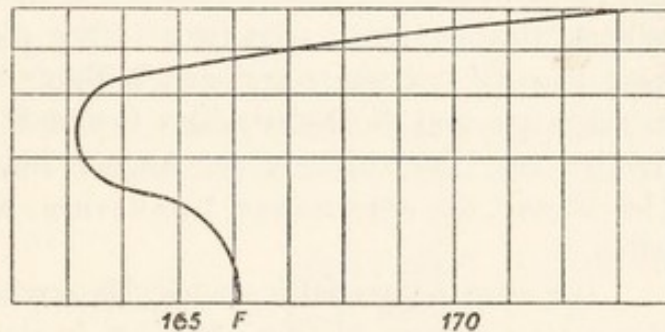


Abb. 7. Die Zwischenfehler des Achromats D für blaues Licht der Linie F. Nach '12.

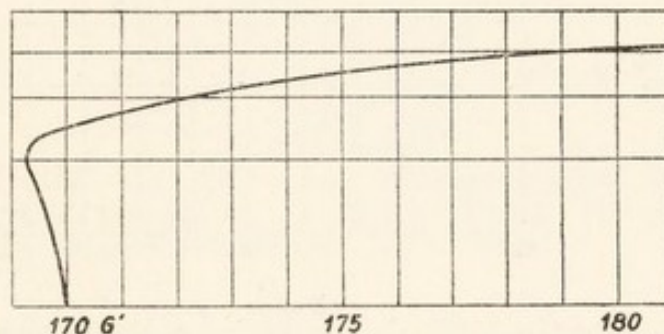


Abb. 8. Die Zwischenfehler des Achromats D für violettes Licht der Linie G'. Nach '12.

und 0.8 mm. Das bedeutet verständlicherweise, daß die Zwischenfehler für jene geringeren Öffnungszahlen mit gehobener Abweichung deutlich geringer ausfallen.

Handelt es sich um die Farbenfehler der Achsenstrahlen, so werden die Farben

	G'	F	e	C
vereinigt bei	170.0	166.0	166.0	170.2 mm,

und es ergibt sich ein Unterschied von etwa 4.2 mm zwischen C und den hellsten Strahlen um e. Das ist natürlich mehr als sich ergeben würde, wenn man G' mit seiner geringen Wirkung auf das Auge gar nicht berücksichtigte und die Nullstrahlen C und F vereinigte wie bei anderen Geräten zur Unterstützung des Auges. Die dann noch übrigbleibende Abweichung, das sekundäre Spektrum, würde nur halb so groß ausfallen.

Der oben festgestellte größere Unterschied an dem Musterobjektiv D von etwa 4.2 mm ist aber nötig, um in einem mittleren breiten Ringe

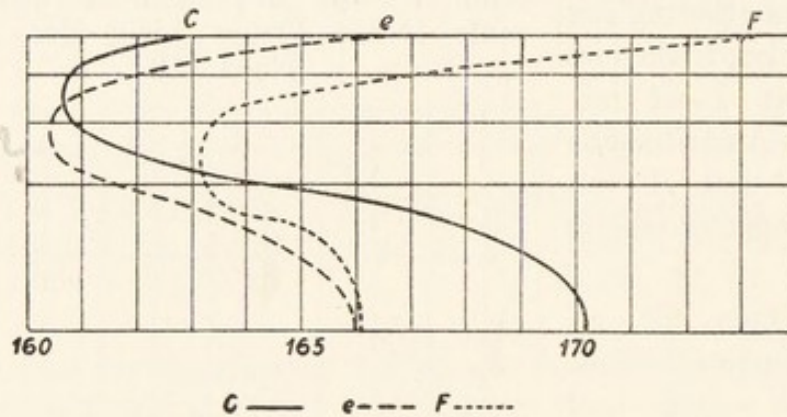


Abb. 9. Zusammenstellung und Vergleich der in Abb. 5, 6, 7 dargestellten Zwischenfehlerkurven. Nach <sup>7</sup>13.

die auffallenden helleren Strahlen erträglich zu vereinigen. Denn zeichnet man in Abb. 9 die Fehlerkurven von Abb. 5, 6, 7 so ein, wie es die Abszissenwerte verlangen, so zeigt es sich, daß sich die in dem durch I und III begrenzten Ringe austretenden Strahlen der Farben F, e, C mit etwa dem gleichen Zonenwerte vereinigen, der nach Abb. 5 für die ganze Öffnung bei grünem Licht galt.

Aber auch bei einem solchen den unvermeidlichen Zwischenfehlern dieser Anlage angepaßten Ausgleich bleibt, wie Abbe 1879 hervorgehoben hat, immer noch viel zu wünschen übrig. So wird ein für gerade Beleuchtung von Farbenfehlern befreites Objektiv farbige Säume zeigen, wenn die zu untersuchenden Gegenstände merklich schiefe Beleuchtung erfordern und umgekehrt. Unter allen Umständen bleiben die unvermeidlichen, auch in dem vorliegenden Beispiel recht merklichen Zwischenfehler in ihrer Abhängigkeit von der Farbe ein großer Nachteil, selbst wenn sie möglichst gut verteilt werden.

Daher konnte Abbe im Jahre 1878 bei seinem Bericht über die Londoner Leih-Ausstellung den dort untersuchten Objektiven — die Jenaer von ihm selber berechneten eingeschlossen — nur eine bedingte Anerkennung spenden.

Er kannte eben Anlagen mit besseren Leistungen, und Jenaer Probeausführungen hatten seinem Partner und ihm schon 1873 und 1876 vorgelegen; er hatte sie damals im inneren Gebrauch mit dem Namen der Polyop-Objektive bezeichnet. Und zwar hatte er mit ihnen eine ganz abweichende Art der Fehlerhebung, nämlich die unabhängige Fehlerhebung, verwirklicht. Deren Eigenart war es, daß nicht alle Kittflächen<sup>1)</sup> gleichzeitig sowohl die Farbe als auch die Öffnungsabweichungen auszugleichen hatten, sondern daß mindestens ihrer eine entweder gar

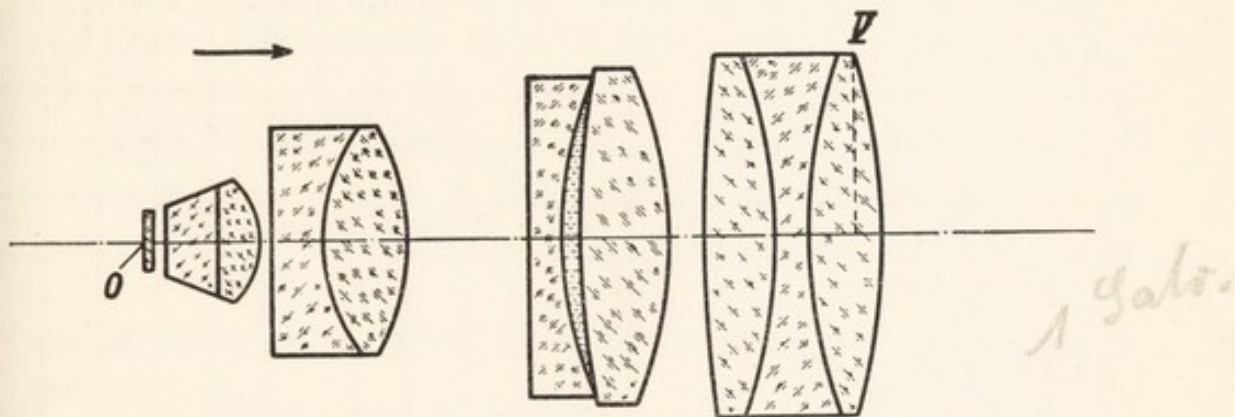


Abb. 10. Das Polyopobjektiv von 1873. Die Flüssigkeitsoberfläche im vorletzten Gliede ist waagrecht gestrichelt. V gibt die größte Durchtrittshöhe an der letzten Fläche an. Nach <sup>79</sup>.

keine Farbenwirkungen ausübte oder sogar solche von entgegengesetzter Wesensart einführte.

Freilich mußte man zur Verwirklichung dieses Planes über brechende Mittel verfügen, in denen die Verbindung der mittleren Brechung und der Farbenzerstreuung von der völlig abwich, die man bei den 1873 und 1876 allein zu erstehenden Arten von Silikatglas fand. Vielmehr waren entweder Glasarten zu beschaffen, bei denen eine verhältnismäßig niedrige Brechzahl verbunden wäre mit einer hohen Zerstreung, oder solche Glasarten, bei denen eine hohe mittlere Brechzahl verbunden wäre mit einer verhältnismäßig niedrigen Zerstreung.

Da, wie gesagt, der damalige Glasmarkt solche Glasarten nicht zu liefern vermochte, so griff Abbe auf flüssige Mittel für seine Versuche zurück und wählte Arten ätherischen Öls mit niedriger mittlerer Brechzahl, aber hoher Zerstreung.

Die nachstehende Erörterung hält sich (Abb. 10) an die von H. Boegehold<sup>7</sup> aufgefundene Anlage des Polyop-Objektivs mit  $'A = 0.83$  und

1) Siehe S. 58<sup>1</sup>.

$f' = 6.3$  mm. Soweit die Brechzahlen nicht dem alten Heft entnommen werden konnten, wurden sie sorgfältig ergänzt. — Zu größerer Sicherheit wurden 5 Strahlen I, II, III, IV, V von endlicher Austrittshöhe durchgerechnet, und es sollen sofort die Ergebnisse in einer kleinen Tafel vereinigt werden.

Für die Höhen	0	I	II	III	IV	V
h = 0		2.91	3.58	4.16	4.68	5.15 mm

Für die Farben

$\lambda$ in $\mu$ .							
0.687	B	184.4	182.2	182.3	183.4	185.3	186.1
0.589	D	182.2	180.2	180.3	181.3	182.9	183.0
0.527	E	182.0	180.2	180.4	181.3	182.8	182.1
0.486	F	182.3	180.6	180.8	181.8	183.0	182.1
0.433	G $\times$	183.6	181.9	182.0	182.8	183.7	181.7

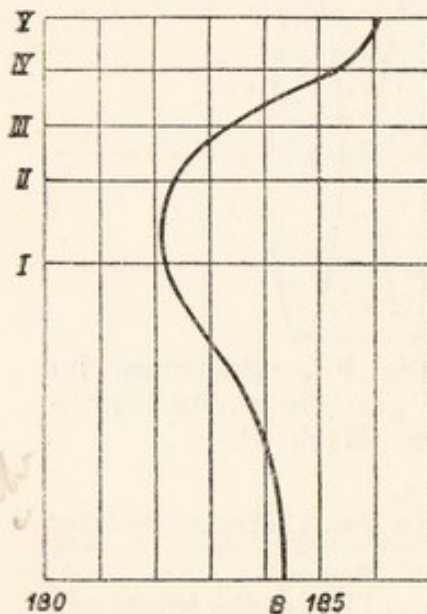


Abb. 11.

Die Zwischenfehler des Polyobjektivs von 1873 für die rote Linie B, Nach <sup>7</sup>13.

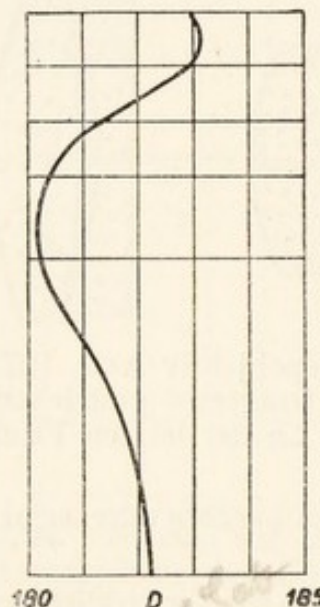


Abb. 12.

die gelbe Linie D, Nach <sup>7</sup>14.

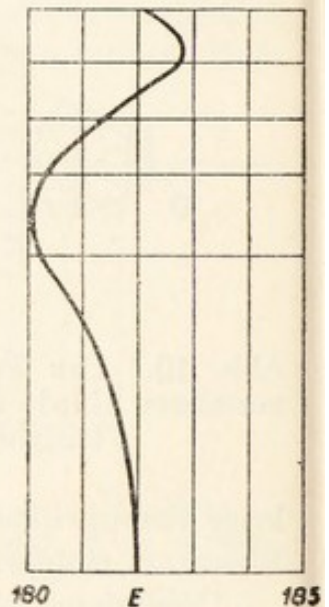


Abb. 13.

die grüne Linie E.

Stellt man nun die Kurve der Öffnungsabweichung in der bereits bekannten Weise dar, und zwar in Abb. 13 für E, so erkennt man, daß das Polyop-Objektiv von der Öffnungsabweichung befreit ist. Bei der Wiedergabe der Schnittweiten  $BO'\zeta$  wurde der gleiche Maßstab eingehalten wie oben bei dem Musterachromat D und das gleiche gilt für die Wiedergabe der Höhen I, II ... V, für die auch an der dortigen Überhöhung festgehalten wurde.

In Abb. 11 fällt das größere Maß für die Höhen (5.15 gegen 2.67) mm auf; das ist die Folge sowohl der größeren Öffnungszahl (0.83 gegen 0.65) mm als auch der längeren Brennweite (6.3 gegen 4.1) mm. Die

Zwischenfehler sind merklich geringer, und der Gesamtverlauf der Kurve zeigt eine andere, verwickeltere Abhängigkeit von den Austrittshöhen,

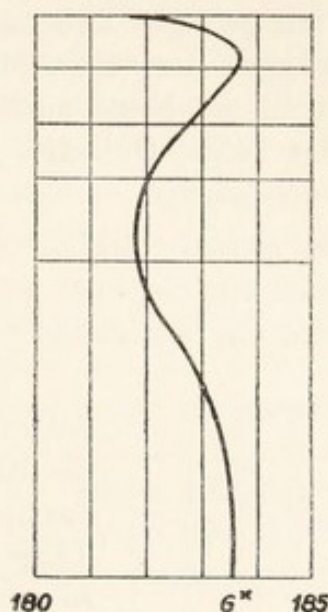
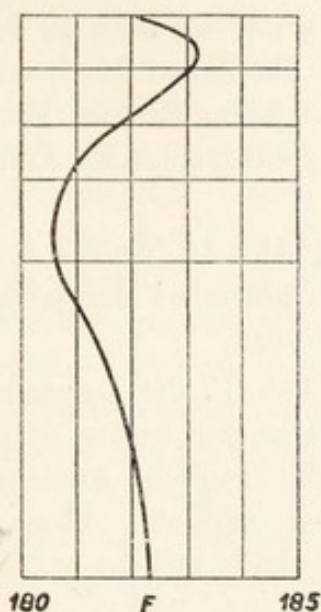


Abb. 14 u. 15. Die Zwischenfehler des Polyops für die blaue Linie *F*, die violette Linie *G<sup>x</sup>*. Nach 14.

worauf noch weiter unten zurückzukommen sein wird.

Der nach den Werten für *B* gezeichnete Verlauf Abb. 11 läßt eine größere Ähnlichkeit mit den vorher für den Musterachromat *D* entworfenen Kurven erkennen, nur sind auch hier die Zwischenfehler kleiner, und man bemerkt am oberen Ende die Andeutung zu einem Verlauf nach links, wonach man — wenn ein ausreichender Linsendurchmesser vorläge — eine Aufhebung des Öffnungsfehlers erwarten könnte.

Im Gegensatz zu den früheren Erfahrungen aber zeigen die für die hellen Farben *D* und *F* geltenden Abbildungen 12 und 14 eine geradezu erstaunliche Übereinstimmung untereinander und mit der für die Farbe *E* geltenden Abb. 13: der Farbenunterschied der Öffnungsabweichung ist in dem hellen Gebiete des Spektrums in einer der Vollkommenheit nahen Weise gehoben, und die verschiedenen Farben von Gelb [*D*] bis zu hellen Blau [*F*] wirken ausgezeichnet zusammen, was man auch dem linken Teile der Abb. 16 entnehmen kann.

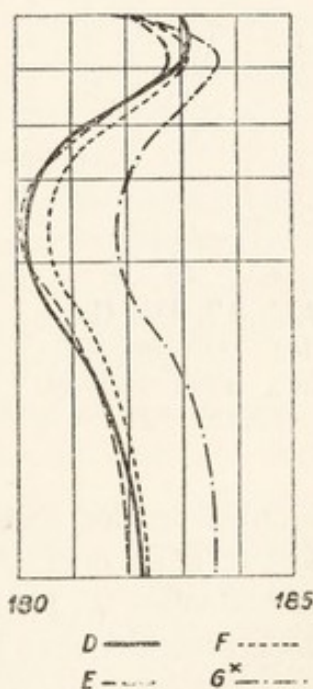


Abb. 16. Zusammenstellung und Vergleich der in Abb. 12, 13, 14, 15 dargestellten Zwischenfehlerkurven. Nach 14.



Die für die Werte der Linie  $G \times$  entworfene Abbildung 15 zeigt, daß auch für die weit im Violetten liegende Farbe die Öffnungsabweichung mit geringen Zwischenfehlern gehoben ist. Es liegt an den Teilerstreuungen der verwandten Mittel, daß die Achsenschnittweite für  $G \times$  um 1.3 mm länger ausfällt als die für die hellen Farben. Man würde aber das Polyop-Objektiv gut für mikrographische Aufnahmen verwenden können.

Der soeben geschilderte Zustand ist in Abb. 16, wo die 4 Kurven zusammen eingezeichnet worden sind, noch besonders dargestellt; und man wird die Beschreibung gerechtfertigt finden.

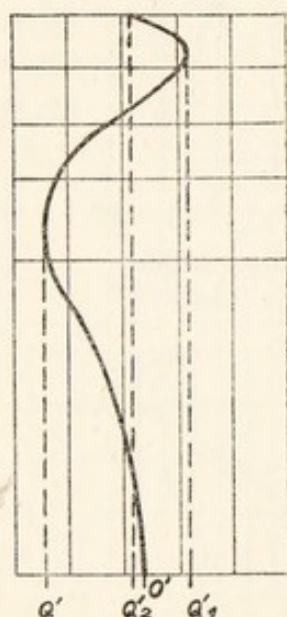


Abb. 17. Der Gang des Öffnungsfehlers beim Polyop. Nach <sup>7</sup> 14.

Wählt man in Abb. 17 die Darstellung für die Linie F und zieht an den beiden Stellen, wo die Kurventangente für endliche Austrittshöhen parallel zur y-Achse verläuft, diese beiden Tangenten bis zum Schnitt mit der x-Achse aus, so erhält man die Punkte  $Q'$  und  $Q'_1$ . Schließlich fällt man von dem obersten Punkte der F-Kurve ein Lot auf die x-Achse, das nach dem soeben mitgeteilten Schnittweitentäfelchen auf  $Q'_2$  führt, wobei  $BQ'_2 = 182.1$  mm aus dem Täfelchen auf S. 64 abgelesen werden kann.

Aus dem Verlauf der Kurve in Abb. 17 kann man ohne weiteres erkennen, daß sich der Schnittpunkt  $O'$  der Nullstrahlen, wenn die Strahlenneigung in O vergrößert wird, zunächst nach links, und zwar bis  $Q'$  verschiebt. Dann aber kehrt sich seine Bewegungsrichtung um, und er wandert nach rechts über  $O'$  hinaus bis nach  $Q'_1$ , wo er wieder umkehrt und über  $O'$  bis nach  $Q'_2$  gelangt. Man erkennt ohne Mühe, daß der Gesamtbetrag der Zwischenfehler  $O'Q'$  bei dem Musterachromat D in diesem Falle durch die Größe  $Q'_1Q'$  zu ersetzen ist. Wie man aus den Abbildungen 12, 13, 15 erkennt, ist der Gesamtbetrag eines jeden dieser Zwischenfehler sehr gering.

Hier handelt es sich eben um einen verwickelteren Zusammenhang zwischen den Austrittshöhen und den Zwischenfehlern, und seine angenäherte analytische Darstellung würde ein Glied mehr verlangen als bei den Zwischenfehlern des Musterachromats D.

Wenn man also hierzu die Schilderung heranzieht, die Abbe 1879 <sup>1</sup> 202 $\beta$  von seinem ersten Polyop-Objektiv gegeben hat, so zeigt die Betrachtung der Abb. 12 und 14, daß die Öffnungsabweichung für D und F wirklich gehoben ist, und daß — etwa mit dem Musterachromat D ver-

glichen — die Achsenstrahlen von B bis  $G \times$  wirklich sehr nahe zusammenfallen.

Man wundert sich auch nicht zu hören, daß ihm das Bild beim Prüfen mit verschiedener Regelung der Beleuchtung <sup>1</sup>203 $\alpha$  fast völlig farbenfrei und von sehr überlegener Schärfe erschien. Und es stimmt auch aufs beste zu seinen kurzen Bemerkungen von 1882 <sup>1</sup>424<sup>1)</sup>, die sich übrigens (s. a. <sup>1</sup>431<sup>1)</sup>) auf Beobachtungen in den Jahren 1874/75 beziehen und damit an die Tage heranreichen, da das erste Polyop-Objektiv geprüft wurde.

Welchen grundsätzlichen Wert er aber diesen Polyop-Objektiven noch 1896 — also mit langjähriger Erfahrung aus dem Gebrauche der Achromate gerüstet — beilegte, das folgt aus den gehobenen Sätzen des Schlußurteils über seines Partners und seine Beharrlichkeit <sup>3</sup>72 $\alpha$  = <sup>24</sup>65/66: „Jahrelang [1873—76] haben wir neben wirklicher Optik „sozusagen noch Phantasieoptik betrieben, Konstruktionen in Erwägung „gezogen mit hypothetischem Glas, das gar nicht existierte, indem wir „die Fortschritte diskutierten, die möglich werden würden, wenn einmal „die Erzeuger des Rohmaterials dahin zu bringen sein sollten, für fort- „geschrittene Aufgaben der Optik sich zu interessieren — was sie aber „nicht taten. Und diese fast widerwillige Beschäftigung mit der Frage, „die Verfolgung von Konjekturen, die man damals kaum ernst nahm, „hat unbewußt nachherigem Fortschritt auch in dieser Richtung ebenso „wirksam vorgearbeitet, wie es eine bewußte planmäßige Behandlung „kaum besser hätte tun können. Denn auch in diesem allerdings ab- „sonderlichen Verfahren bestimmten sich schon alle Ziele und markierten „sich schon alle Richtungen für eine zukünftige Reform der Glastechnik „auf wissenschaftlicher Grundlage. Dem späteren wirklichen Anfang „war damit jedes Herumtasten nach Ziel und Richtung erspart.“

Die vertiefte Kenntnis der für die Fehlerhebung bestehenden Möglichkeiten, womit Abbe die Leih-Ausstellung im Spätsommer 1876 besuchte, wird damit dem Leser einleuchten, und an dieser Stelle empfinden wir es als großes Glück, rechnerische Einzelheiten aus jener fernen Zeit aufzuzeigen. Denn unserm Meister galt wirklich die Zeit der Polyop-Objektive als die Grundlage für die spätere, mit O. Schott gemeinsam durchgeführte Arbeit an der Schaffung neuer Glasarten: H. Boegeholds glücklicher Fund und seine eingehende Untersuchung ist an dieser Stelle mit dankbarer Anerkennung und hoch zu bewerten, weil erst dadurch ein anschauliches Bild der Erfolge seit dem Jahre 1873 möglich wurde.

Berücksichtigt man Abbe's Überlegungen zur Erklärung des dunklen Raumes (s. S. 32  $\omega$ ) sowie seine Erfahrungen in der praktischen, gemeinsam mit C. Zeiss vorgenommenen (s. S. 36  $\delta$ ) Bestimmung des Verhältnisses von Öffnungszahl

und Stärke—Einzelheiten zu diesen beiden Arbeiten sind uns nur ganz lückenhaft bekannt —, so versteht man, warum Abbe<sup>o</sup> im Frühjahr 1873 die beiden Aufsätze veröffentlichte, zu deren Besprechung wir uns jetzt wenden. Die hier dem Text eingefügten Abbildungen 18—23 finden sich in 145—100 nicht; sie sind aber zum Teil schon 1879 von Abbe an L. Dippel gegeben worden, zum Teil anderen, stets genau angeführten Quellen entnommen.

### **Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung.**

#### I. Die Konstruktion von Mikroskopen auf Grund der Theorie.

1. In den Handbüchern wird gesagt, daß die fortschreitende Verbesserung der Mikroskope bisher ausschließlich durch Pröbeln geschehe. Daß die Theorie sich nicht ebenso wie seit Fraunhofer [1813] mit dem Fernrohr und [seit J. Petzval 1840 und H. A. Steinheil 1866] mit der Aufnahmelinse beschäftige, wird auf die Schwierigkeiten der Herstellung infolge der Winzigkeit der Ausmaße geschoben. Seit der Verfasser aber die Verfahren einer wohlgeleiteten Werkstätte kenne, sei er im Gegenteil der Ansicht, daß die Aufgabe wohl zu leisten sei, wenn man nur die optischen Forderungen, auf die es ankomme, richtig zu erfüllen wisse. Er habe daher mit C. Zeiss den Versuch gemacht, und mit den ausgezeichneten Hilfsmitteln und Arbeitskräften der Werkstätte [seit 1871] und dem von dem Werkführer [A. Löber] und seinen Gehilfen gezeigten Eifer sei dieser Versuch gelungen. Alle Einzelheiten würden nach der Rechnung ausgeführt und nur ein einzelner Linsenabstand bliebe ein wenig willkürlich, um mit dessen zweckmäßigster Wahl die unvermeidlichen kleinen Ausführungsfehler zu beseitigen. Also auch beim Mikroskop lasse sich das Pröbeln verbannen, wenn man die Theorie genügend weit entwickelt habe und sich aller Vorteile einer auf das Höchste gesteigerten Arbeitsweise bediene.

2. Die bisherige Theorie des Mikroskops erwies sich bei den Vorbereitungsarbeiten als durchaus ungenügend. Nicht allein mußte die Lehre der Abweichungen von einer punktmäßigen Strahlenvereinigung weitergeführt werden, sondern auch die Bedeutung des Öffnungswinkels der Objektive war zu ergründen, denn die Linsenfolge war ganz anders anzulegen, wenn der Öffnungswinkel nur  $40^\circ$  betrug, als wenn er  $90^\circ$  oder gar  $150^\circ$  umfaßte.

3. Die von dem Verfasser durchgeführten Untersuchungen haben ihm deutlich gezeigt, daß man zu Unrecht davon ausgegangen sei, die

Abbildung winzig kleiner Gegenstände verlief nach denselben [nämlich den strahlengeometrischen] Gesetzen, nach denen von großen Gegenständen im Fernrohr oder auf der Platte der Aufnahmekammer Bilder erzeugt würden, während nach den von ihm durchgeführten Untersuchungen die Erzeugung der Bilder an einen eigentümlichen, in den winzigen Gegenständen selbst zu suchenden physikalischen Vorgang geknüpft ist. Dieser ist zwar unabhängig von der Einrichtung der Mikroskope, doch spielt deren Einrichtung bei dem Zustandekommen des Bildes eine wichtige Rolle. — Die neue Theorie mit ihrem Eingehen auf die Bedeutung des Öffnungswinkels gibt nun deutliche Auskunft über das optische Vermögen des Mikroskops, nämlich die Schärfenzeichnung und das Auflösungsvermögen. Es ergeben sich praktische Regeln für einen richtigen Aufbau des Mikroskops, Vorschriften für eine zweckmäßige Prüfung, besonders aber allgemeine Schlußfolgerungen. Es läßt sich sowohl die Grenze angeben, unterhalb der keine Beobachtung mehr möglich ist, als auch eine Untersuchung über die Bildähnlichkeit anstellen; namentlich ergibt sich dabei, daß ein fehlerfreies mikroskopisches Bild durchaus nicht immer die wirkliche Beschaffenheit des winzig kleinen Gegenstandes darstelle. — Im einzelnen soll diese Theorie des Mikroskops in einer ausführlichen Abhandlung im 8. Bande [1873] der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft erscheinen; hier folge nur ein kurzer Auszug.

## II. Die dioptrischen Bedingungen der Leistung des Mikroskops.

4. Die gewöhnliche Darstellung des Strahlenganges im Mikroskop, wonach das Objektiv ein umgekehrtes vergrößertes Bild des winzig kleinen Gegenstandes entwirft, das seinerseits durch das als Lupe wirkende Okular in weiterer Vergrößerung dem Auge dargeboten wird, ist zwar nicht falsch, muß aber für die hier verfolgten Zwecke abgeändert werden. 1) Die spitzen (vom Dingpunkt aus- und zum Bildpunkt hingehenden) Strahlenbündel lassen sich — in deutlicher Anlehnung an S. 53 Abb. 3 — auch zusammenfassen zu spitzen Bündeln je von Punkten des dingseitigen Öffnungsbildes zu den zugeordneten Punkten des bildseitigen Öffnungsbildes. Neben den Gegenstandsbildern entstehen gleichzeitig und zugehörig Öffnungsbilder, und zwar liegt das letzte, [der sogenannte Ramsdensche Kreis] im Augenpunkt des Okulars und kann dort mit einer Lupe beobachtet werden, während das erste, vom Objektiv allein erzeugte Öffnungsbild nahe dem bildseitigen Brennpunkte des Objektivs liegt und sich dem freien Auge beim Hinabsehen in den Tubus darstellt. Beide Reihen von Bildern sind durch bestimmte Beziehungen miteinander verbunden, und alle Merkmale der Gegenstandsbilder hängen mit andern Merkmalen der Öffnungsbilder zu-

sammen; namentlich enthalten die Öffnungsbilder alle Bestimmungsstücke für die Begrenzung der Strahlenbündel, von denen eben die Gegenstandsbilder entworfen werden. Beobachtet man die Öffnungsbilder unter geeigneter Vergrößerung, so erhält man ein neues Hilfsmittel zum Verständnis der winzigen Gegenstände, denn die erhellen Stellen der Öffnungsbilder lassen die Spuren aller der Strahlenbündel erkennen, die von dem winzigen Gegenstände ausgegangen sind und an seiner Abbildung beteiligt waren. Die Grundlage dafür bildet ein sehr wichtiger [der Sinus-] Satz, der 152 $\omega$  zum ersten Male für endliche und sogar große Öffnungswinkel ausgesprochen wird: „Wenn ein optisches System für einen seiner Brennpunkte vollkommen aplanatisch ist, so trifft jeder von diesem Brennpunkte ausgehende Strahl eine durch den andern Brennpunkt gelegte Ebene in einem Abstände von der Achse, dessen lineare Größe gleich ist dem Produkt aus der Äquivalentbrennweite des Systems mit dem Sinus des Winkels, welchen der betreffende Strahl mit der Achse bildet.“ Man erhält mit diesem Satze also eine zahlenmäßige Verbindung zwischen dem Öffnungswinkel im Dingpunkt und den Achsenabständen der Öffnungsbilder über dem Objektiv und über dem Okular. Mißt man also solch einen Achsenabstand, so kann man den Öffnungswinkel im Dingpunkt oder die Ablenkungen der Lichtstrahlen im Präparat finden.

5. Sodann und 2) muß man deutlich hervorheben, worin sich die Abbildung unter einem beliebig großen Bildwinkel und mit Strahlenkegeln von beliebig großem Öffnungswinkel unterscheidet von der meist allein betrachteten Abbildung im Gaußischen achsennahen Raum. Mit der alten Zerlegung des zusammengesetzten Mikroskops in das ein reelles Bild liefernde Objektiv und das dieses Bild weiter vergrößernde Okular ist diese Aufgabe noch nicht gelöst. Wesentlich ist, daß zwar im Objektiv die Flächenausbreitung des Bildes so gut wie völlig nach den Gesetzen der Abbildung eines kleinen Flächenstückchens erfolgt und daß im Okular die Verlegung der Bildfläche in das Unendliche sich so gut wie völlig wie an engen Strahlenbündeln vollzieht, aber abweichend davon kommt es beim Objektiv auf die Richtungsänderung von Strahlenbündeln ganz großer Öffnungswinkel an und beim Okular auf die Ausbreitung der Bildfläche auf einen großen Bildwinkel. Es läßt sich aber zeigen, daß die Erzeugung eines einigermaßen vollkommenen Bildes nur durch eine solche Arbeitsteilung, die Verkleinerung der Öffnungswinkel auf der einen und die Vergrößerung der Gesichtswinkel auf der andern Seite, möglich wird. Daher verlegt Abbe die Grenze zwischen Objektiv- und Okularwirkung an die Stelle, wo das Objektiv die vom Dingachsenpunkt ausgehenden Achsenstrahlen in parallelstrahlige verwandelt.

{ Nach <sup>12</sup> 215 um 1882 und nach <sup>10</sup> 227 um 1893. Diese Abbildung wurde unter Benutzung von <sup>10</sup> 227 auf Weisung von C. Büchele neu gezeichnet. {u.} umschließen die neu angefügte Erklärung von Abb. 18.

Führt man [zunächst bei der für die Hebung der Öffnungsabweichung bevorzugten Farbe eines Achromats (s. S. 60, Abb. 5)] nach Abbe <sup>12</sup> 215 die dünne Planparallelplatte am hinteren Brennpunkt  $F_1'$  des Mikroskopobjektivs ein, so wird dadurch an der Lage des Bildpunkts  $O'$  hinter dem Objektiv nichts geändert. Zerlegt man alsdann die obige Platte durch eine zweckmäßig gewählte Kugelfläche so in eine eben-hohle Linse  $L_1$  mit der Brechkraft  $-1/\Delta$  und in eine erhaben-ebene Linse  $L_2$ , m. d. Br.  $1/\Delta$ , daß  $L_2$  ihren hinteren Brennpunkt in  $O'$  hat, so folgt aus der Erhaltung des Bildpunkts  $O'$ , daß die von  $O$  mit der Neigung  $\zeta$  in das Objektiv gesandten Strahlen aus  $L_1$  achsenparallel in Luft austreten müssen.

Durch die Abtrennung der Sammellinse  $L_2$  m. d. Br.  $1/\Delta$  läßt sich also das gesamte Mikroskop (Objektiv  $S_1$  m. d. Br.  $1/\Delta$  und Okular

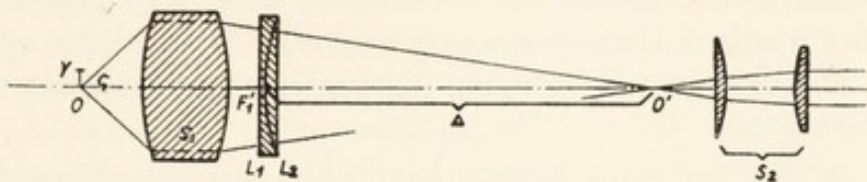


Abb. 18. Die Planparallelplatte Abbes zur Begründung der neuen Zerlegung des Mikroskops.

$S_2$  m. d. Br.  $1/f_2'$ ) zerlegen — man sehe dazu <sup>10</sup> 227/28 — in eine Lupe<sup>1)</sup> ( $S_1 + L_1$  m. d. Br.  $1/f_1'$ ) von großer Öffnung und in ein astronomisches Fernrohr (Objektiv  $L_2$  m. d. Br.  $1/\Delta$  und Okular  $S_2$  m. d. Br.  $1/f_2'$ ). Mithin wird das von dem Lupenteil ( $S_1 + L_1$ ) im Unendlichen in der scheinbaren Größe  $\sigma_1'$  entworfene Bild des achsensenkrechten Objektchens  $y$

$$\frac{\text{tg } \sigma_1'}{y} = \frac{1}{f_1'}$$

durch das astronomische Fernrohr ( $L_2$  und  $S_2$ ) dem Beobachterauge hinter dem Okular  $S_2$  in der scheinbaren Größe  $\sigma'$  dargeboten, wofür gilt

$$\frac{\text{tg } \sigma'}{\text{tg } \sigma_1'} = -\frac{\Delta}{f_2'}$$

Aus den beiden letzten Ausdrücken folgt schließlich durch Multiplikation

$$\frac{\text{tg } \sigma'}{y} = -\frac{1}{f_1'} \cdot \frac{\Delta}{f_2'}$$

1) Bringt man im Brennpunkt einer Linse eine beliebige zweite an, so kommt dem Paar die Brechkraft der ersten Linse zu.

und damit die Begründung des Abbeschen Zerlegung des Mikroskops aus  $S_1$  und  $S_2$  mit der optischen Tubuslänge  $\Delta$ . } Ende der Erklärung.

6. Aus dieser Überlegung faßt Abbe<sup>1)</sup> die Aufgabe des Objektivs dahin auf, daß es den auf der Bildseite parallelen Bündeln entsprechend ein unendlich weit entferntes Bild erzeugt; dessen weitere Abbildung unter dem Gesichtswinkel des Okularfeldes kommt aber durch die letzte Brechung im Objektiv und durch die verschiedenen Brechungen im Okular zustande. Den ersten Teil kann man die Lupenwirkung des Objektivs nennen, den zweiten Teil die Wirkung eines Fernrohrs mit kleinem Objektiv, dem das vorher erwähnte unendlich ferne von dem Hauptteile des Objektivs entworfene Bild als Gegenstand dient. Das Objektiv dieses Fernrohrs ist von dem vollständigen Mikroskop-Objektiv auszuscheiden und die Winkelvergrößerung des Fernrohrs ist durch die Tubuslänge (als Objektiv-Brennweite) und die Okularstärke ohne weiteres gegeben. Die Brennweite des als Lupe wirkenden Objektivteils ist im wesentlichen durch die Objektivbrennweite gegeben und bestimmt den Gesichtswinkel, unter dem der abgebildete Durchmesser des winzigen Gegenstandes im unendlich fernen Bilde erscheint. Es wird sich sogleich zeigen lassen, welche Vorzüge diese Zerlegung des Mikroskops hat.

7. Solcher Zerlegung entsprechend muß eine brauchbare Theorie der Abbildungsfehler in zwei Klassen zerfallen, nämlich 1. die Öffnungsabweichungen der lupenartig wirkenden Linse und 2. die Fehler der Flächenausbreitung oder Vergrößerung. Die Öffnungsabweichungen längs der Achse umfassen die gewöhnlichen Öffnungs- und Farbenfehler, die Vergrößerungsfehler sind Abweichungen vom rechten Strahlenverlauf, soweit schiefe Bündel einer oder verschiedener Farben Bilder verschiedener Vergrößerung liefern; sie sollen Vergrößerungsabweichungen genannt werden. Man erkennt, daß die Güte der Bilder in der Mitte von den Öffnungs- und Farbenfehlern abhängt, während die Bildbeschaffenheit außerhalb der Mitte von den Vergrößerungsabweichungen bestimmt wird. I. Die Farbigkeit des im Mikroskop entstehenden Bildes beruht nun durchaus nicht allein auf dem ungleichartigen Gange der Zerstreung in den Kron- und Flintarten (den primären und sekundären Fehlern), sondern auch auf unvermeidlichen Mängeln der Farbenvereinigung für schiefe Bündel innerhalb des Öffnungswinkels, die sich darin äußert, daß ein in der Mitte durchaus farbenfreies Objektiv für schief einfallendes Licht überbessert erscheint. [Man vergleiche dazu S. 62 Abb. 9.] Dieser zweite Farbenfehler ist im Gegensatz zu den Farbenfehlern der Mitte mit den augenblicklich zur Verfügung stehenden brechenden Mitteln auf keine Weise zu heben, und er ist die Ursache, warum

1) Man sehe Abb. 18 mit der ausführlichen Erklärung S. 71/72 ein.

das Bild aller Objektive von 6—3 mm Brennweite hinter der zu erwartenden Vollkommenheit merklich zurückbleibt. II. Die Öffnungsabweichung wurde genauer untersucht und zeigte sich als bestehend aus einer Reihe von selbständigen Gliedern. Geht der Öffnungswinkel auf der Dingseite über einen kleinen Betrag hinaus, so kann man die nicht aufhebbaeren höheren Glieder nur durch absichtlich eingeführte Fehlerbeträge der niederen ausgleichen, und das setzt dem Anwachsen des Öffnungswinkels auch dann eine Grenze, wenn man die wohl auf G. B. Amici zurückgehende beste Form der Anlage verwendet, wo eine einfache, nahezu halbkuglige Frontlinse mit einer chromatisch stark überbesserten Linsengruppe verbunden wird. Die Einführung von Stipp-linsen hat nun den großen Vorteil, daß unbeschadet gleichmäßiger Fehlerhebung viel größere Öffnungswinkel möglich werden unter Vermeidung der sonst bei sehr schiefer Strahleneinfall eintretenden hohen Spiegelungsverluste an der untersten Linsenfläche. Wie nun aber auch die Strahlen nahe dem Gaußischen Bildpunkte verlaufen mögen, immer läßt sich durch die Veränderung eines Linsenabstandes im unteren Teil des Mikroskops erreichen, daß die achsennahen und die Randstrahlen richtig zusammenwirken, dann ist aber die zwischenliegende mittlere Zone unterbessert<sup>1)</sup>. [Man vergleiche Abb. 5 S. 60.] Aber wo ein solcher Zwischenfehler vorliegt, läßt er sich nicht durch äußere Mittel und namentlich nicht durch Zusatzlinsen oberhalb des Objektivs fortschaffen.

8. Aus der sorgfältigen Untersuchung der Fehler und ihrer Herkunft ergibt es sich, daß die Hauptwirkung dem Objektiv zuzuschreiben ist, und daß die Anlage der Okulare keinen wesentlichen Einfluß auf das Endergebnis zu nehmen vermag. Auf die obige Zerlegung bezogen sind die Abbildungsfehler eben schon in dem vom Hauptteil des Objektivs, als Lupe wirkend, entworfenen Bilde vorhanden, und der Fernrohrteil (aus dem Rest des Objektivs von 1/166 mm oder 6 dptr Stärke — man beachte Abb. 18 auf S. 71 und für 166 mm Abb. 5 auf S. 60 — und dem Okular bestehend) kann das Bild nur ausbreiten, ohne ihm etwas zu nehmen oder hinzuzufügen. Die durch das Objektiv zu vermittelnden Einzelheiten hängen von dem Winkelwert der an Stelle von Punkten in der fernen Bildebene auftretenden Zerstreungskreise ab. Also ergibt sich für jedes Objektiv eine bestimmte Fernrohr- d. h. Winkelvergrößerung, die für ein Durchschnittsauge eben ausreicht, um alle im Objektivbild liegenden Einzelheiten zu erkennen; sie sei als förderliche Winkelvergrößerung bezeichnet und ist die kleinste Vergrößerung, die noch alle Einzelheiten zeigt. Eine stärkere Vergrößerung kann zwar noch brauchbar sein, kann aber die Leistung eines gegebenen Objektivs nicht erhöhen. Also ist die förderliche Winkelvergrößerung das Maß

1) So gegen überbessert im Text <sup>1</sup> 58  $\omega$  verändert.



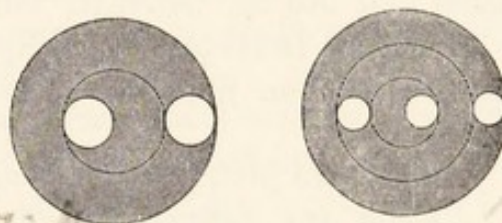
für die Güte der Objektive. Führt man dasselbe Objektiv in kleinerem Maßstabe aus, so werden die Zerstreuungskreise entsprechend abnehmen, also die förderliche Linearvergrößerung in demselben Verhältnisse zunehmen, in dem die Brennweite abnimmt.

9. Bei der praktischen Anwendung ist hervorzuheben, daß die aus den Mängeln der Strahlenvereinigung und den Ausführungsfehlern herrührenden Zerstreuungskreise bei den stärkeren Objektiven nicht mit dem ganzen Betrage wirksam werden, der ihnen bei vollem Öffnungskegel zukommen würde. Vielmehr wird bei größerem Öffnungswinkel immer nur ein Teil davon gleichzeitig durch die abbildenden Strahlenbündel in Anspruch genommen. Also wird man nicht leicht von einer allgemeingültigen Bestimmung der förderlichen Vergrößerung sprechen können; die oben behandelten theoretischen Gesichtspunkte sind aber zu einer ersten Abschätzung durchaus brauchbar und vermindern stark die von manchen Mikroskopikern vertretenen hohen Vergrößerungszahlen. Nach Abbes Erfahrungen erlauben die besten schwächeren und mittleren Objektive nur eine Winkelvergrößerung vom 8fachen, sobald man unter 3 mm heruntergeht, noch merklich weniger, und nach seiner Ansicht hat kein Mikroskopobjektiv unter 1 mm Brennweite eine höhere Winkelvergrößerung als eine 5fache. Daher ist es ganz zwecklos, die Vergrößerung durch immer stärkere Okularwirkungen zu steigern. Und einer merklichen Verkleinerung der Brennweiten der Objektive steht die Beugungswirkung an der kleinen Linsenöffnung im Wege. Diese Beugungswirkung wirkt so, wie wenn man ein von allen Abweichungen freies Bild durch eine körperliche Blende (mit einem lichten Durchmesser wie dem des Ramsdenschen Kreises an einem solchen Mikroskop) betrachtet. Einen solchen Versuch kann man mit einer gut begrenzten Lichtflamme sehr wohl anstellen und wird lebhaft enttäuscht werden, wenn man Öffnungen wie 0.1 mm verwendet. Daraus schließt Abbe nun, daß zu seiner Zeit die Erlangung höherer förderlicher Vergrößerungen nicht zu erstreben sei, sondern daß man sich die Erhöhung der Leistungsfähigkeit an mittleren und mäßig starken Objektiven zum Ziele setzen solle.

10. Wenn nun auch die neuen und sehr zuverlässigen Prüfverfahren erst in der ausführlichen Darstellung völlig anzugeben sind, so wird doch ein Hinweis auf ihre Anlage hier nützlich sein, da die übliche Prüfung an natürlichen Probeobjekten den tatsächlichen Verhältnissen nicht gewachsen ist. Bei dem neuen hier nur anzudeutenden Verfahren dient zur Prüfung ein Präparat, das nur scharfe Grenzen zwischen vollkommen durchsichtigen und ganz oder fast ganz undurchsichtigen Teilen enthält [die Abbesche Testplatte]. Diese Linien werden in den dünnen Silberüberzug einer Glasplatte eingeritzt. Deckgläschen von verschiedener, genau bekannter Stärke werden auf der Rückseite versilbert, mit

solchen Teilungen (von 10 bis 50 Linien auf das Millimeter) versehen und nebeneinander mit Balsam auf einen Objektträger gekittet. Zu der Testplatte gehört das Abbesche Beleuchtungsgerät, womit es möglich ist, gleichzeitig aus mehreren Richtungen Licht auf die Platte fallen zu lassen, indem man Pappblenden mit den nötigen Öffnungen einlegt. Bei der Prüfung kommt es darauf an, Teile sämtlicher Zonen der Objektivöffnung zu verwenden und doch die Bilder, die sie einzeln gewähren, voneinander zu trennen. Je nach der Größe der Öffnung werden 2 oder 3 Bündel (Abb. 19, 20) in möglichster Trennung voneinander verwandt. In einem Objektiv von 6 mm Öffnungsdurchmesser geht das eine Kreischen von der Mitte bis zu einem 1.5 mm abstehenden Punkt und das andere von 1.5 mm bis zum Rande in 3 mm Abstand, aber auf der entgegengesetzten Seite der Achse. Sollen bei der gleichen Öffnung 3 getrennte Bündel verwandt werden, so hat das erste Kreischen von der Mitte bis zu 1 mm Abstand zu reichen,

das zweite auf der entgegengesetzten Seite von 1 bis zu 2 mm und das dritte, wieder auf der Seite des ersten, von 2 bis zu 3 mm. Eine solche Anordnung gibt den empfindlichen Strahlengang, bei dem Mängel der Strahlenvereinigung am deutlichsten werden, weil die verschiedenen Strahlenkegel unter den größten



Abbes empfindlicher Strahlengang nach <sup>12</sup> 341.

Abb. 19. bei Abb. 20  
zwei und drei  
vereinzelt Bündeln.

Winkeln zusammentreffen. Bei einem vollkommenen Objektiv müßten sie alle bei einer Einstellung in ein einziges scharfes und farbenfreies Bild zusammenfließen. Soweit eine Öffnungsabweichung vorliegt, werden die Teilbilder sich wenigstens nicht durch das ganze Sehfeld hindurch vereinigen, soweit Farbenfehler vorhanden sind, werden sich die hellen Linien an verschiedenen Stellen des Sehfeldes farbig zeigen, und man ist imstande, bei genügender Aufmerksamkeit durch die Beobachtung der Fehler in der Mitte und in allen Quadranten die Mängel der Strahlenvereinigung genau anzugeben. Dabei erhält man die im Abschnitt 7 (S. 72 ω) aufgeführten Öffnungsfehler von den Vergrößerungsabweichungen getrennt. Auf diese Weise vermag der Kenner, was Abbe durch mehrfache Proben festgestellt hat, die Leistungsfähigkeit der vorliegenden Linsenfolge nach allen Richtungen im voraus anzugeben. Freilich wird man dabei allzu kindliche Vorstellungen von der Vollkommenheit der Strahlenvereinigung los.

11. Hierzu kommt nun noch ein Abschnitt über die Beleuchtungsgeräte, im wesentlichen vorgetragen auf den durch Naegeli u. Schwendener gelegten Grundlagen. Die Beleuchtung des Präparats erfolgt von

einer begrenzten Fläche, die (s. S. 54,1), abgesehen von den Verlusten beim Durchgang und bei der Spiegelung, mit der Leuchtkraft der ursprünglichen Lichtquelle strahlt. Ein jeder Punkt des Präparats bestimmt mit dieser Fläche einen Strahlenkegel, der sich dahinter ausbreitend in das Objektiv eintritt, soweit er in den Winkelraum der freien Objektivöffnung tritt und soweit er nicht durch Ablenkungen im Präparat ganz oder teilweise in andere Richtungen gelenkt wird. Die Spur dieses Strahlenkegels erscheint sowohl in der oberen Objektivbrennebene als auch im Augenpunkt des Okulars und kann dort beobachtet werden. Kein noch so künstlich geplantes Beleuchtungsgerät kann also eine hellere Beleuchtung geben als die ursprüngliche Lichtquelle, wenn man sie dem Präparat nahe genug bringen könnte, und nichts anderes kann ein solches Gerät leisten, als mit Hilfe einer Lichtquelle von gegebener Lage und gegebener Ausdehnung unter dem Präparat eine beliebig gelegene und beliebig begrenzte mittelbar leuchtende Fläche von einer — bis auf die Durchgangs- und Spiegelungsverluste — gleichen Leuchtkraft herzustellen. Ein solches Gerät (der Kondensor) soll später beschrieben werden.

12. Zur Lichtstärke des Objektivs ist <sup>1</sup>70δ folgendes zu bemerken.

Wenn von Spiegelungsverlusten an den Linsen des Mikroskops abgesehen wird, „ist die Helligkeit der vollkommen oder partiell durchsichtigen Teile eines Präparats im mikroskopischen Bilde genau diejenige, mit welcher sie beim direkten Sehen erscheinen würden, wenn vor die Pupille des Auges ein Diaphragma gestellt wäre, dessen freie Öffnung kongruent ist dem Bilde der lichtgebenden Fläche (des Spiegels z. B.), so wie es im letzten Öffnungsbild über dem Okular des Mikroskops entworfen wird, — dabei das Präparat in seiner Flächenausdehnung beliebig vergrößert, gegen die primäre Lichtquelle als Hintergrund gesehen vorausgesetzt.“ Die Helligkeit kann also die niemals übersteigen, mit der das Präparat dem freien Auge erscheinen würde. Für einen jeden Winkeldurchmesser des abbildenden Strahlenkegels gibt es eine bestimmte Vergrößerungszahl, unterhalb der die Helligkeit des Bildes der des direkt gesehenen Objekts gerade gleich ist; es ist die, für die der Durchmesser des Bildes im Augenpunkt des Mikroskops dem der Pupille gerade gleich ist. Ist die Vergrößerung aber stärker und das Bild im Augenpunkt des Mikroskops kleiner, dann ist die Helligkeit dem Quadrat der linearen Vergrößerung umgekehrt proportional.

### III. Die physikalischen Bedingungen für die Abbildung feiner Strukturen.

13. Daß die Leistungen eines Mikroskops nicht nur von der Güte der Strahlenvereinigung, sondern auch von der Größe des Öffnungswinkels abhängen, ist S. 32ω lange bekannt gewesen, aber man wußte

damit wenig anzufangen; man vermutete Schattenwirkungen durch schiefe Beleuchtung. Um nicht etwa seine Arbeit auf ein nebensächliches Ziel zu richten, hat Abbe diese Aufgabe besonders sorgfältig angegriffen. Er fragte <sup>172</sup>  $\omega$ : „in welchen Fällen besteht ein Unterschied zu-, „gunsten des größeren Öffnungswinkels, und in welchen besteht ein solcher „nicht, wenn alle sonstigen Verschiedenheiten, welche die Wirkung mög- „licherweise beeinflussen können, auf das Sorgfältigste eliminiert werden?“ Hierzu hat (s. S. 38  $\beta$ ) ihm eine Reihe von verschiedenen Objektiven mit sehr verschiedener Öffnung und sehr verschiedener Brennweite gedient, die nach seiner Berechnung äußerst sorgfältig ausgeführt waren und, auf ihre Leistung noch besonders geprüft, für die Vergleichbarkeit der Beobachtungen sichere Gewähr leisteten. Als Präparate dienten die verschiedensten natürlichen und künstlichen Versuchsstücke.

14. 1). Solange die freie Öffnung so groß bleibt, daß aus ihrer Beugungswirkung keine merkliche Abnahme der Schärfe folgt, ist ein Unterschied nicht vorhanden, wenn die kleinen Teile oberhalb etwa 0.01 mm bleiben.

2). Dagegen besteht ein solcher Unterschied ständig zugunsten des größeren Öffnungswinkels, wenn irgend Einzelheiten unter diese Grenze sinken. Auf die besondere Natur dieser Einzelheiten, etwa Unebenheiten oder Durchsichtigkeitsunterschiede, kommt es nicht an.

3). Je kleiner die Maße der Einzelheiten sind, desto größer muß der Öffnungswinkel des Objektivs sein, wenn diese bei bestimmter Beleuchtung, gerader oder möglichst schiefer, wahrgenommen werden sollen, unabhängig von der größeren oder geringeren Auffälligkeit der Zeichnung und unabhängig von der Brennweite und der förderlichen Vergrößerung des Objektivs.

4). Bei feinen Streifungen, Liniengruppen u. dgl. erreicht derselbe Öffnungswinkel bei schieferm Lichteinfall immer viel feinere Einzelheiten als bei geradem, auch wenn Schattenwirkung ausgeschlossen ist.

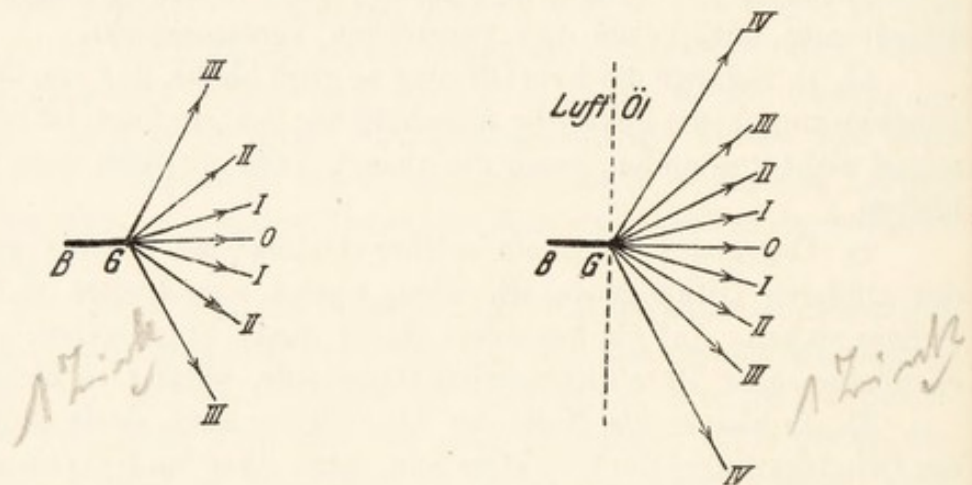
5). Die Steigerung der Wirkung hängt nur von der Schiefe gegen die Mikroskopachse, nicht von der gegen die Fläche des Präparats ab.

Alle diese Beobachtungen lassen sich nicht durch irgendwelche Fehler in der Strahlenvereinigung erklären. Man muß an besondere, außerhalb des Mikroskops liegende Ursachen denken und sie nachzuweisen suchen.

15. Die Wellenlehre des Lichts weist in der Erscheinung der Beugung eine Änderung nach, wie sie das Gefüge eines Körpers nach Maßgabe der Kleinheit seiner Ausmaße an den hindurchtretenden Lichtstrahlen hervorbringt. Sie besteht in der Auflösung jedes einfallenden Lichtstrahls in je eine Strahlengruppe von großer Winkelausbreitung mit regelmäßig wiederkehrender Zu- und Abnahme der Helligkeit in der Gruppe. Bei regelmäßiger Schichtung oder Streifung wird aus dem

einfallenden und geradlinig weitergehenden Strahl nach entgegengesetzten Seiten hin eine Reihe vereinzelter Strahlen in regelmäßigen Winkelständen abgibt. Wird daher ein Präparat der betrachteten Beschaffenheit von einem Lichtkegel getroffen, so tritt dieser nicht einfach nach seiner geradlinigen Fortsetzung in das Objektiv ein, sondern das Gefüge des Präparats beugt aus dem verlängerten Lichtkegel eine Anzahl abgelenkter Lichtkegel mit auseinandertretenden Farben ab, die je nach der größeren oder geringeren Feinheit des Gefüges größere oder geringere Winkel mit der Richtung der ungebeugten Strahlen bilden.

In den Abbildungen 21 u. 22 sind die Beugungserscheinungen eines feinen Gitters in Luft und in Öl mit  $n = 1,5$  angedeutet worden.



Die Beugungserscheinungen eines engen gelben Lichtbündels  $BG$  an dem Gitter  $G$  mit einer Streifenbreite  $d = 0.002 = 2 \mu$  nach des Verfassers optischen Instrumenten von 1905. S. 81.

Abb. 21 in Luft

Die ersten, zweiten, dritten Beleuchtungsgipfel haben von der  $O$ -Richtung Abstände von etwa  $17, 36, 62^\circ$ .

Abb. 22 in Öl.

Die ersten, zweiten, dritten, vierten (fünften) Beleuchtungsgipfel haben von der  $O$ -Richtung Abstände von etwa  $11\frac{1}{2}, 23, 36, 52, (79)^\circ$ .

Diese theoretisch vorauszusagende Wirkung läßt sich nun mit den unter 4 eingeführten Öffnungsbildern nachprüfen. Stellt man ein geeignetes Präparat so ein, daß die Einzelheiten im Bilde sichtbar werden, und betrachtet das Bild der Öffnungsblende über dem Objektiv, so sieht man das von den ungebeugten Strahlen entworfene Bild der Spiegelfläche umgeben von einer größeren oder kleineren Zahl von Nebenbildern in Form von unreinen Farbenspektren, deren Farbenfolge, vom Hauptbilde aus gerechnet, stets von Blau zu Rot geht.

16. Das hier angegebene Verfahren zur Beobachtung der Lichtstrahlung, die von geeigneten Präparaten ausgeht, erlaubt Versuche zur Entscheidung der Frage, welche Rolle diese Beugungserscheinungen bei der Abbildung spielen. Die Versuche (S. 38  $\omega$ ) sind mit sehr sorgfältig

ausgeführten schwachen Objektiven von 30 bis 6 mm Brennweite gemacht worden, stärkere, besonders eine Wasserstipplinse von 3 mm, dienten zur Prüfung der Richtigkeit. Die Präparate für die entscheidenden Versuche waren meistens regelmäßige Gebilde, jedenfalls immer von einem genau bekannten Gefüge. Die so gewonnenen Tatsachen sind:

(1.) Wenn alles durch die Beugung abgelenkte Licht abgeblendet wird, so daß allein das ungebeugte Bündel die Abbildung vermittelt, so hat das auf die Schärfe der Bildumrisse zwischen ungleich durchsichtigen Teilen des Sehfeldes keinen Einfluß, so lange die Blendenöffnung groß genug bleibt, um nicht durch ihre Öffnungsbeugung das Bild zu stören. Auch werden gröbere Einzelheiten, 30 bis 50 auf das Millimeter, nicht merklich undeutlicher. Je weiter aber jene Feinheitsgrenze überschritten wird, desto mehr verschwimmen die Einzelheiten, so daß  $^{178}\alpha$  „bei ca. 100 „auf einen Millimeter nur eine gleichförmige Fläche sichtbar bleibt, „welche Vergrößerung auch angewandt wird, und zwar ebenso bei gerader, wie bei beliebig schiefer Beleuchtung.“

(2.) Wenn alle Strahlen abgeblendet werden, bis auf ein durch Beugung erzeugtes Bündel, so liefert das ein positives Bild auf dunklem Grunde ohne alle Einzelheiten.

(3.) Wenn mindestens zwei getrennte Bündel eingelassen werden, so zeigen sich  $^{178}\phi$  sehr deutlich wiedergegebene Einzelheiten. Andere Lichtbündel in Wirksamkeit gesetzt, entstehen aber immer andere Einzelheiten — verschieden entweder nach dem Grade der Feinheit oder nach Art der Zeichnung —; und diese Einzelheiten brauchen weder dem Inhalte des mikroskopischen Bildes bei normaler Beleuchtung noch auch dem anderweit bekannten wirklichen Gefüge des Präparats zu entsprechen.

(4.) Eine einfache Streifengruppe Abb. 23 wird zwar stets als solche abgebildet, wenn zwei oder mehrere Lichtbündel wirksam sind, aber in doppelter, dreifacher . . . . . Feinheit, sobald unter jenen nicht zwei benachbarte Bündel vorhanden sind, sondern ein, zwei . . . . . zwischenliegende übersprungen werden; eine Gruppe von nur zwei Linien im Präparat erscheint aus drei, vier . . . . . getrennten Strahlen gebildet. Die so erzeugten Scheinbilder sind genau so scharf wie die Vergrößerung einer doppelt, dreifach . . . . . so feinen Teilung.

(5.) Wenn zwei einfache Gitter in der gleichen Ebene sich unter beliebigem Winkel kreuzen, so kann man nicht nur durch geeignete Regelung des Lichtzutritts die Linienzüge einzeln oder zusammen sichtbar machen  $^{179}\beta$ , „sondern man kann auch durch andere Formen der Abblendung in gleicher Schärfe und Markiertheit zahlreiche neue Linien-,systeme, die als solche im Objekt gar nicht vorhanden sind, und „mannigfach geformte Felder, zur Erscheinung bringen. Die neu auf-

„tretenden Liniengruppen entsprechen dabei nach ihrer Lage und der „Liniendistanz in ihnen, stets den möglichen Formen, nach welchen sich „die Kreuzungspunkte der wirklichen Reihe im Objekt in äquidistante „Reihen ordnen lassen.“

(6). Der in den beschriebenen Versuchen benutzte Kunstgriff, das unvollständige Abblenden der vom Objekt ausgehenden Lichtstrahlung, kommt bei genügend feinem Gefüge unbeabsichtigter- aber auch unvermeidlicherweise zustande. Denn wenn die Objekteinzelheiten auf kleine Vielfache oder Bruchteile der Wellenlänge des Lichts herabgehen, kann auch ein sehr großer Öffnungswinkel nur einen kleinen Teil der ganzen

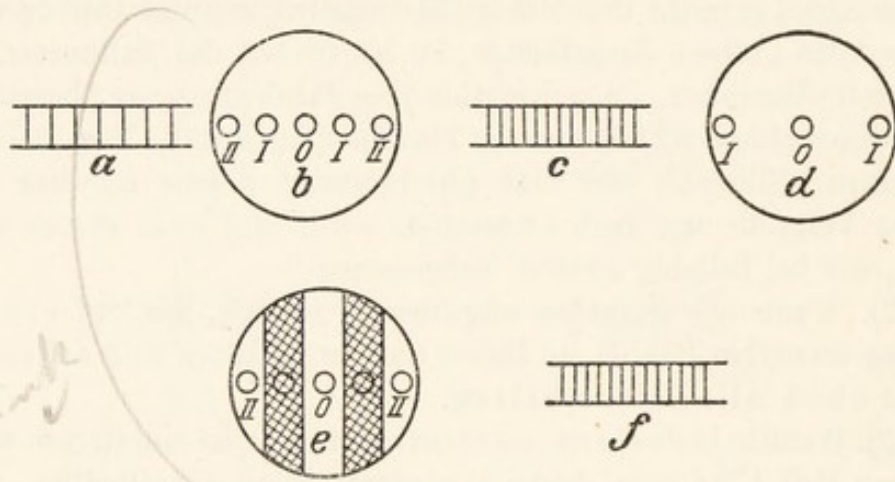


Abb. 23. Der Versuch der Ausblendung bestimmter Lichtbündel und die Folge davon.

Nach des Verfassers optischen Instrumenten von 1905 S. 84. *a* ein Gitter bestimmter Feinheit unter dem Mikroskop. *c* ein Gitter doppelter Feinheit unter dem Mikroskop. *b* und *d* die Beugungserscheinungen in den beiden Austrittspupillen.

Blendet man, wie in *e* gezeigt, aus *b* die beiden der *O*-Richtung benachbarten Beleuchtungsbündel ab, so daß der lichte Teil von *e* der Erscheinung in *d* entspricht, so ergibt sich von dem Gitter zu *a* ein Scheingitter *f* von doppelter Feinheit.

durch die Beugung erzeugten Strahlengruppe gleichzeitig aufnehmen. Dieser Teil wird aber immer ein anderer, wenn bei gleichbleibender Beleuchtungsrichtung der Öffnungswinkel des Objektivs größer oder kleiner wird, oder wenn bei ungeändertem Öffnungswinkel die Beleuchtung wechselt. Die ständige Steigerung des Auflösungsvermögens bei schiefer Beleuchtung ebenso wie das Auftreten neuer Einzelheiten ist allein dadurch bedingt, daß bei schiefem Lichteinfall Beugungsbündel, die früher nur unvollständig eintraten, jetzt voll aufgenommen werden und unter Abschwächung der ungebeugten Strahlen nun mit größerer Helligkeit wirken. Es können aber auch ungewollt Abblendungen wie unter (5) eintreten.

17. Die hier aufgeführten Tatsachen erlauben eine Reihe von Schlußfolgerungen: Solche Teile der Präparate, die durch ihre Vereinzelung (einzelne Fäden, Körnchen) oder durch ihre im Vergleich mit den Lichtwellen beträchtliche Größe selbst keine Beugung von merklichem Betrage herbeiführen, bilden sich im Mikroskop nach den gewöhnlichen Gesetzen der Strahlenvereinigung  $\omega$  ab. „Das so erzeugte Absorptionsbild ist dem Objekt selbst unbedingt ähnlich und läßt bei richtiger stereometrischer Deutung des flächenhaft gesehenen einen vollkommen sicheren Rückschluß auf seine — morphologische — Zusammensetzung zu.“ Alles feinere Gefüge wird aber nicht nach den Gesetzen der geometrischen, punktmäßigen, Strahlenvereinigung abgebildet, denn es müssen ja immer mindestens zwei Teilbündel vereinigt werden. Vielmehr sind die unter Mitwirkung der Beugung bei begrenztem Öffnungswinkel entstehenden Gefügebilder nicht von der wirklichen Beschaffenheit der sie veranlassenden Objekte abhängig, sondern nur von dem Teile der Beugungserscheinung, der bei der Abbildung mitwirkte. Das im Gesichtsfeld des Mikroskops erscheinende Bild ist in allen seinen Merkmalen, mögen sie nun dem Objekt ähnlich sein oder nicht, nur das Ergebnis des Interferenzvorganges [der gegenseitigen Beeinflussung] beim Zusammentreffen aller wirksamen Strahlenbündel.

Der in (4) erwähnte Satz über den Zusammenhang zwischen den Abständen im Öffnungsbild und den Richtungsunterschieden der eintretenden Strahlen gewährt zusammen mit der neuen Zerlegung des zusammengesetzten Mikroskops die ausreichende Grundlage zur Durchführung des Versuchs. Ja es läßt sich sogar das Gefügebild, das ein beliebiges Objekt eben bei einer bestimmten Beleuchtung zeigen wird, im voraus genau berechnen, wenn man nur die wirksame Beugungserscheinung nach Zahl, Anordnung und Lichtstärke der sämtlichen Beugungsspektren gegeben erhält.

18. Das Schlußergebnis ist eine Warnung, bei Präparaten von sehr feinem Gefüge aus der Deutlichkeit der Bilder auf ihre Ähnlichkeit mit dem Präparat zu schließen. Das einzige, was man erschließen kann, geht auf das Vorhandensein eines solchen Gefüges, wie es zur Herbeiführung der die Abbildung vermittelnden Beugungserscheinung notwendig und hinreichend ist. Jeder Versuch, das Bild feinerer Diatomeenschalen morphologisch zu deuten, ist hiernach auf unzulässige Annahmen gegründet. Und ähnlich liegt es auch mit histologischen Präparaten, etwa bei der gestreiften Muskelfaser.

19. Im Anschluß an die vorausgeschickten wichtigen Schlußfolgerungen ergaben sich ganz bestimmte Grenzen für das Unterscheidungsvermögen eines Mikroskops überhaupt.

Durch kein Mikroskop können Teile getrennt (oder die Merkmale eines vorhandenen Gefüges wahrgenommen) werden, wenn dieselben



einander so nahe stehen, daß auch das erste durch Beugung erzeugte Lichtbündel nicht mehr gleichzeitig mit dem ungebeugten Lichtkegel in das Objektiv eintreten kann. Legt man irgendeine bestimmte Farbe mit der Wellenlänge  $\lambda$  zugrunde, so ergibt sich der betreffende Mindestwert  $d$  durch  $d = \lambda : \sin \zeta$  und für die äußerste Schiefe der Beleuchtung halb so groß  $d = \frac{\lambda}{2} : \sin \zeta$ . Beschränkt man sich, wie Abbe es hier tut, auf Mikroskope mit einem Öffnungswinkel in Luft  $2\zeta = 180^\circ$ , so kann die Unterscheidungsgrenze bei gerader Beleuchtung nicht über die ganze Wellenlänge des blauen Lichts hinausgehen, und bei äußerster Schiefe nicht über die halbe Wellenlänge des blauen Lichts. Bei photographischer Aufnahme stellt sich das aber viel günstiger wegen der merklich kürzeren Wellenlänge der photographisch wirksamen Strahlen.

#### IV. Das optische Vermögen des Mikroskops.

20. Die in den mikroskopischen Schriften vorkommende Unterscheidung von Definitions- und Auflösungsvermögen erhält durch die vorstehenden Überlegungen eine größere Bedeutung, als man ihr früher zuzuteilen berechtigt war. Das mikroskopische Bild bestand damals für Abbe noch in einer Übereinanderlagerung von zwei ganz verschiedenen Bildern, dem negativen, durchaus ähnlichen Absorptionsbilde, dem Träger des Definitionsvermögens, und dem positiven, aus der Vereinigung der verschiedenen Beugungsbündel entstehenden Beugungsbilde, dem Träger des Auflösungsvermögens. Eine richtige Übereinanderlagerung in allen denkbaren Fällen ist nur dann möglich, wenn das Objektiv für den ganzen Umfang seiner freien Öffnung gleichmäßig frei von Öffnungsabweichung ist.

21. Da das Vorhandensein von Zwischenfehlern, selbst wenn die Öffnungsabweichung zwischen Mitte und Rand gehoben ist, — und solche Zwischenfehler sind bei den damaligen auf besonders große Öffnungswinkel angelegten Objektiven mit Sicherheit zu erwarten — Höhenunterschiede im mikroskopischen Bilde vortäuschen kann, so wird man sich bei Trockenlinsen im Öffnungswinkel auf einen Betrag von  $2\zeta = 110^\circ$  beschränken müssen, und die Steigerung des Auflösungsvermögens mit Stipplinsen zu erzielen suchen.

22. Nach den im vorstehenden angestellten Überlegungen soll man nun nicht das Unterscheidungsvermögen nach den feinsten Streifungen prüfen. Denn da in solchen Fällen nur zwei Beugungsbündel in das Objektiv treten, das gerade Bündel in dessen Mitte und das abgebeugte an dessen Rand, so sagt diese Prüfung weiter nichts, als daß die achsennahen und die äußersten Randstrahlen die Achse an demselben Bildorte schneiden, ein Ergebnis, das sich bei Objektiven etwa mit einer Korrektionsfassung immer erreichen läßt. Wie es mit den Zwischenfehlern

für Strahlenrichtungen mittlerer Neigung steht, läßt diese Probe überhaupt nicht erkennen.

23. Dagegen kann eine — und zwar die wichtige — Prüfung auf die Beschaffenheit des Gesamtbildes sehr wohl mit natürlichen Probe-  
stücken angestellt werden, wenn man dabei den in 10. (auf S. 75) beschriebenen empfindlichen Strahlengang herbeiführt. Man muß dabei auf die Verschmelzung der Teilbilder achten, die ein und demselben Teile des Präparats angehören. Man hat nämlich zu gleicher Zeit ein Bild der Begrenzung, wie es nach 17. (a. S. 81  $\alpha$ ) der gerade Beleuchtungskegel liefert, und zugleich ein Gefügebild, das aus dem Zusammenwirken der Beugungsbündel entspringt. Bei einem kunstgerechten Objektiv soll nicht nur jedes für sich vollkommen scharf hervortreten, sondern beide sollen in der gleichen Einstellebene und ohne seitliche Verschiebung zusammenfallen, wenn im Präparat das Gefüge und seine Begrenzung in einer und derselben achsensenkrechten Ebene liegen. Ist diese Bedingung mindestens in der Mitte erfüllt, so wird das Objektiv richtige Bilder liefern; bemerkt man dagegen, daß bei Einstellung auf die Begrenzung die Gefügeeinheiten über oder unter dem Begrenzungsbilde zu schweben oder seitlich darüber hinwegzufließen scheinen, so kann man sich auf die Richtigkeit des Bildes nicht verlassen. Natürlich soll man immer den wirksamen Strahlengang durch Beobachtung des Öffnungsbildes nachprüfen. Abweichungen der angedeuteten Art wird man nach dem Rande des Sehfeldes in der Regel wahrnehmen; sie entstammen meist nicht der Öffnungsabweichung, sondern nach 7. (s. S. 72  $\omega$ ) mehr den Vergrößerungsfehlern. Als besonders geeignete natürliche Prüfstücke empfehlen sich für Stipplinsen feingezeichnete Diatomeen, etwa *Pleurosigma angulatum*, aber hauptsächlich Bruchstücke mit scharfen Bruchrändern, für Trockenlinsen etwa zerbrochene, feingeschuppte Stücke von *Hipparchia Janira*.

24. Wenn nun nach dem bereits abgeleiteten die Leistungsfähigkeit des Mikroskopobjektivs von zwei Eigenschaften abhängt, der geometrischen Vollkommenheit des Strahlenganges und von der Fähigkeit, die durch die Beugung im Präparat auftretende Zerlegung der Strahlenbündel nachher wieder durch Zusammenführung aufzuheben, so sind das ganz verschiedene Umstände. Die dioptrische Unterscheidungsgrenze hängt von der förderlichen Vergrößerung 8 (s. S. 73  $\omega$ ) ab und entspricht dem Kehrwert der Brennweite. Die physikalische Unterscheidungsgrenze hängt allein von der Größe des Öffnungswinkels ab. Eine vernünftige Anlage des Mikroskopobjektivs muß suchen, die beiden Grenzen wenigstens annähernd zusammenfallen zu lassen.

25. Dieses Streben führt auf Regeln, die den derzeitigen Gewohnheiten in verschiedenen Punkten widersprechen. Wenn man nach 21. (s. S. 82  $\gamma$ ) der Trockenlinse keinen größeren Öffnungswinkel geben kann

als  $110^\circ$ , so kann man alle Einzelheiten bei einer 4—500fachen Vergrößerung erkennen. Und das führt auf eine Brennweite von etwa 3 mm ( $\frac{1}{8}$  engl. Zoll); bei Stipplinsen wird eine 7—800fache Vergrößerung ausreichen, und das führt hier auf eine Brennweite von etwa 2 mm ( $\frac{1}{12}$  engl. Zoll). Wenn man nun aber gern eine etwas stärkere Vergrößerung zu größerer Leichtigkeit und Sicherheit der Beobachtung haben möchte, so wird man doch nicht unter 2 mm bei der Trockenlinse und unter 1 mm bei der Stipplinse hinuntergehen wollen. Abbe glaubt <sup>199</sup> fest, „daß mit keinem Mikroskop irgend etwas in der Beschaffenheit „der Objekte wirklich begründetes jemals gesehen worden ist oder gesehen werden kann, was ein normales Auge nicht auch schon mit einer „scharfen 800fachen Immersionsvergrößerung sicher zu erkennen vermöchte“.

### Der Rest der wissenschaftlichen Arbeiten dieser Zeit.

In unmittelbarem Anschluß an diese große Arbeit ließ Abbe eine Beschreibung seines Leuchtgeräts [Illuminators, Kondensors] <sup>101/12</sup> folgen.

Nach einer kurzen Bemerkung des Inhalts, daß er dieses Gerät schon seit mehreren<sup>1)</sup> Jahren zum eigenen Gebrauch habe herstellen lassen, daß es aber von Mikroskopikern bei ihm gesehen und nachbestellt worden sei, geht er zu dem Plane dafür über.

Im Hinblick auf die Stärke der Beleuchtung wäre der einfache Beuechtungsspiegel vorzuziehen, da durch die Brechungen in einem aus mehreren Linsen bestehenden Gerät stets eine Lichtverdünnung — ganz im Gegensatze zu der in dem unrichtigen Namen Kondensor vorausgesetzten Lichtverdichtung — eintrete. Aber der einfache Spiegel ließe nicht leicht und nicht mit Sicherheit den Strahlengang so regeln, wie das für den ungestörten Gebrauch des Mikroskops wünschenswert sei.

Nimmt man aber an, man könnte unter dem Präparat eine Lichtstrahlung gleichzeitig von allen Seiten erzielen, es also gleichsam wie durch eine hinabverlegte Himmelskugel bestrahlen lassen, so würde man durch eine einfache Verschiebung einer Blende mit veränderlichem Fenster aus der ganzen Mannigfaltigkeit von Strahlen die gerade wünschenswerten aussondern können. Diese Möglichkeit läßt sich aber durch eine Linsenfolge von ganz großem —  $180^\circ$  betragendem — Öffnungswinkel erzielen. Verschiebt man in der dingseitigen Brennebene eine

1) Nach S. 29<sup>δ</sup> wird man, ehe der Zeitpunkt genauer bestimmt werden kann, an dem Jahre 1869 festhalten müssen.

Blende von beliebig wählbarem Ausschnitt vor dem beleuchtenden Spiegel, so kann man alle Richtungen erhalten, wenn man diese Verschiebung in einem bestimmten Azimut exzentrisch machen und dieses Azimut in weiten Grenzen beliebig wählen kann (Abb. 24).

Das in der Arbeit beschriebene Leuchtgerät erlaubt nun alle diese Änderungen der Strahlenrichtung auf das bequemste und sicherste vor-

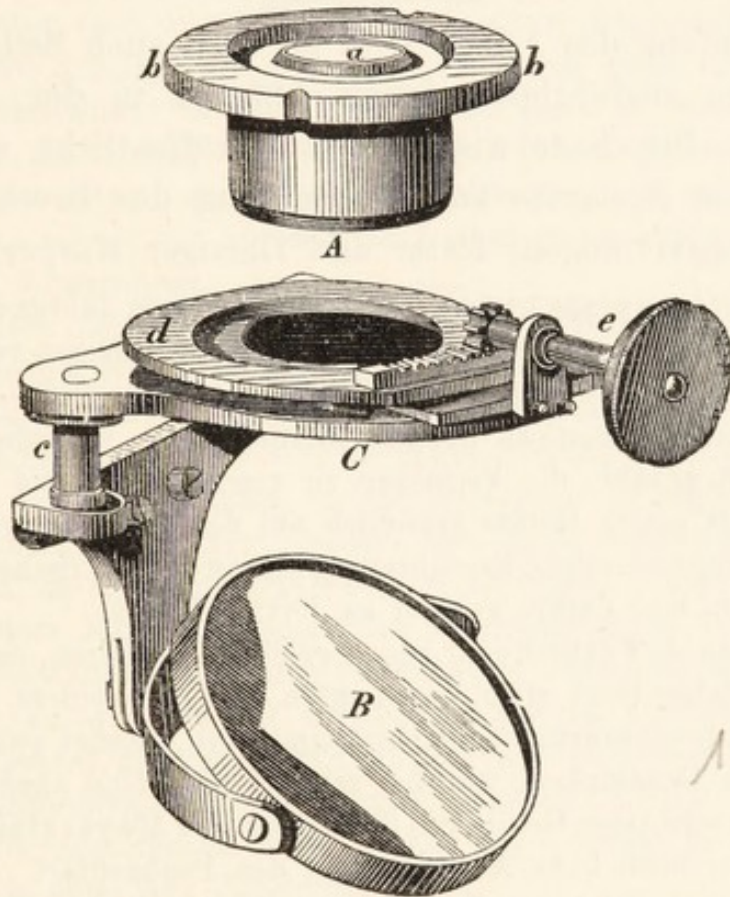


Abb. 24. Abbes Beschreibung des Kondensors nach <sup>1</sup>106/09. *Aa* Zwei unachromatische Linsen. *a* Die Planfläche der Frontlinse. *B* Um einen festen Punkt der Mikroskopachse schwenkbarer Planspiegel. *bb* Messingscheibe als Fassung der Frontlinse, nur ganz wenig höher als die Fläche *a*. *C* Untersatz nahe dem dingseitigen Brennpunkte des Kondensors. *e* Seitlicher Zapfen zum Ausschwenken von *C*. *d* Dreh- und verschiebbare Scheibe als Blendenträger; sie kann, wenn *C* zurückgeschlagen ist, durch den Knopf *e* sowohl in seitlicher Richtung verschoben als — in exzentrischer Stellung — bis zum Betrage von  $120^\circ$  um die Mikroskopachse herumgeführt werden. Dabei dient der Griff als Hebel für diese horizontale Umführung.

zunehmen und muß nur für die allerschiefste Beleuchtung durch einen einfachen Spiegel mit verschieblicher Blende ergänzt werden.

Bei Verwendung von Lampenlicht wird empfohlen, zwischen Flamme und Spiegel eine große, mit mäßig blau gefärbtem Wasser gefüllte Glas-  
kugel einzuschalten, um die Leuchtkraft der kleinen Flamme auf die

größere Oberfläche der Kugel zu übertragen. Auch für die Verwendung dieses Leuchtgeräts wird es zweckmäßig sein, den tatsächlich eintretenden Strahlengang durch die Betrachtung des Öffnungsbildes über dem Mikroskopobjektiv ständig zu überwachen.

### **Die Geräte zur Bestimmung von Brechung und Zerstreuung.**

Im Anfang des Jahres 1874 (s. dazu auch Seite 29 δ) hat Abbe eine ausführliche Arbeit <sup>2</sup> 82/164 in der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft veröffentlicht unter dem Titel „Neue Apparate zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens fester und flüssiger Körper“.

Er hebt im Anfang hervor, daß er seit mehreren Jahren mit Arbeiten beschäftigt gewesen sei, die sehr zahlreiche Bestimmungen von Brechung und Zerstreuung sowohl an festen Körpern — Glasproben — als auch an flüssigen und halbflüssigen Stoffen vorzunehmen. Er habe demgemäß den Wunsch gehabt, die Verfahren zu vereinfachen, und danach Gelegenheit, die neuen Geräte gründlich auf die Probe zu stellen. Auch anderen könne eine solche Erleichterung genauer dioptrischer Messungen wertvoll sein, und darum gebe er sie jetzt bekannt.

Das von J. Fraunhofer zuerst gelehrt Verfahren, nach welchem die Minimalablenkung einer bestimmten Farbe in einem Prisma von gemessenem brechendem Winkel bestimmt wird, genügt zwar allen Ansprüchen an Genauigkeit, ist aber schwerfällig. Und auch die zweckmäßiger eingerichteten Geräte von Steinheil und Meyerstein (s. S. 13 α) stellen immer noch hohe Ansprüche an den Beobachter.

Er schlägt ein neues Gerät vor, bei dessen Anlage die folgenden Forderungen zu berücksichtigen waren.

1. Die möglichste Vereinfachung durch Beseitigung aller irgend entbehrlichen Teile.
2. Leichtigkeit und Sicherheit der Justierung, daß alle dem Gerät dauernd zugehörigen Teile, einmal ausgerichtet, ihre richtige Lage behalten, die zu untersuchenden Prismen durch wenige Handgriffe in die verlangte Stellung gebracht werden können.
3. Ermittlung aller zu einer vollständigen Messung notwendigen Ablesungen ohne jede Veränderung des Geräts.
4. Ermittlung der zur Messung der Zerstreuung notwendigen Ablesungen unabhängig von der Winkelmessung am Teilkreise durch eine einfache Mikrometervorrichtung, damit die Kreisteilung nicht feiner, die Anlage und Bedienung des Geräts nicht empfindlicher zu sein brauche, als sie die Feststellung der mittleren Brechzahl erfordere.

5. Bequeme Benutzung des Sonnenlichts ohne die Hilfe eines selbsttätigen Heliostats.

Die Grundlage dafür bildet das Littrowsche Verfahren von 1863, die in das Prisma gelangten Strahlen an der hinteren Prismenfläche im Innern des brechenden Mittels so spiegeln zu lassen, daß die Richtung des Austritts mit der des Eintritts zusammenfällt. In einem solchen Falle kann man Kollimator und Beobachtungsrohr miteinander verschmelzen, indem man den lichtgebenden Spalt im Okularfelde des Beobachtungsrohrs anbringt und seine eine Hälfte an Stelle eines Fadenskreuzes zur Einstellung der Bilder verwendet. Dazu kommen noch eine bequeme Art, die Prismen anzubringen sowie auszurichten, und eine Mikrometervorrichtung, um kleine Winkelunterschiede zu messen. Als dann genügt man mit den angeführten Vorkehrungen den 5 oben ausgesprochenen Forderungen.

Im zweiten Teile der Abhandlung wird ein Verfahren entwickelt, das an Flüssigkeiten Brechung und Zerstreuung ohne Hilfe eines Spektrometers, und zwar mit einer besonders großen Bequemlichkeit zu bestimmen gestattet. Hier wird die ganze Messung gegründet auf die Beobachtung der Totalreflexion, die die betreffende Flüssigkeit, in sehr dünner Schicht zwischen zwei Prismen aus höher brechenden Stoffen eingeschlossen, an durchtretenden Strahlen ergibt. Dieses Verfahren habe er seit dem Jahre 1869 zuerst zur Bestimmung von Balsam- und Harzarten angewandt und dafür verschiedene besonders einfache Geräte, Refraktometer genannt, entwickelt. Von der Flüssigkeit genügt ein einziger Tropfen, und die ganze Beobachtung besteht in einer einzigen kunstlosen Einstellung und nachfolgender Ablesung an einem Gradbogen oder einer Mikrometerskala, wodurch man die gesuchte Brechzahl unmittelbar, d. h. ohne jede Rechnung, erhält.

Alle diese Geräte sind in der Werkstatt von C. Zeiss ausgeführt und die meisten davon schon seit mehreren Jahren sowohl von Abbe selber als auch von anderen in wirklichem Gebrauch erprobt worden.

Für die Zeit um 1874/75 herum ist uns durch einen glücklichen Zufall in <sup>1</sup>430/31 eine Angabe von 1882/83 erhalten geblieben, die auf eine bestimmte der damals gestellten Aufgaben etwas Licht fallen läßt. Abbe war damals dabei, die Übervergrößerung  $\nu - 1$  61 oder auf S. 73  $\omega$  förderliche Winkelvergrößerung genannt — für verschiedene Objektivanlagen festzustellen, und schilderte sein Vorgehen mit den folgenden Worten: „Um nun überhaupt Zahlenangaben zu erhalten, muß ich mich auf ein paar besondere Objektivtypen beschränken, die den allgemein angenommenen und als typisch

anzusehenden Musterkonstruktionen entsprechen. Unter diesem Gesichtspunkte habe ich zwei Objektivtypen sorgfältig untersucht: für die mittleren Aperturen dreifache Systeme von etwa 0.50 Apertur mit einfachen plankonvexen Frontlinsen und einem Arbeitsabstande von etwa einem Fünftel der Brennweite; für kleine Aperturen Systeme aus zwei verkitteten Linsen mit einer Apertur von etwa 0.15 und einem Arbeitsabstande von etwa einem Drittel der Brennweite. Nach der Vergleichung einer größeren Anzahl beider Typen sehr verschiedenen Ursprungs (und nach Ausschließung aller mit einem Korrektions- oder Ausführungsfehler behafteten) fand ich als kritische Übertreibung für den ersten Typus ( $A = 0.50$ )  $\nu = 5$  und für den zweiten ( $A = 0.15$ )  $\nu = 9$ , beides in abgerundeten Zahlen<sup>1)</sup>.

## B. Die gemeinsame Arbeit bis zur Herausgabe der Apochromate (1876—1886).

### Abbes technische Betätigung.

#### Der Ausgang der Arbeiten mit Carl Zeiss.

Daß Abbes wissenschaftliche Bedeutung in dieser Zeit stieg, ist sicher. In Jena hat sich das wohl zuerst durch die Bildung eines Zweigausschusses für die Londoner Leih-Ausstellung kenntlich gemacht, was man auf die ersten Januartage des Jahres 1876 verlegen möchte. Einzelheiten zu der einigermaßen überstürzten Vorbereitung lassen sich aus <sup>26</sup> 171  $\beta$  ff entnehmen.

Den Jenaer Zweigausschuß bildeten nach jenen Angaben Abbe, Preyer und Zeiss, und tatsächlich haben sich Abbe und Zeiss bemüht, die Leih-Ausstellung in ausreichender Weise zu beschicken, während von Preyer im Hinblick auf

<sup>1)</sup> Die erwähnten Beobachtungen wurden vor einigen Jahren, 1874—1875, angestellt. In der Zwischenzeit ist indessen nichts vorgekommen, was die Konstruktionsbedingungen von Trockensystemen wesentlich geändert haben könnte.

die Leih-Ausstellung nichts berichtet wurde. Abbes Bedeutung wurde auch dadurch anerkannt, daß er sich unter den 11 Fachmännern befand, die auf Kosten des preußischen Kultusministeriums — Adalbert Falk war damals Kultusminister — zur Berichterstattung über wichtige Gebiete nach London gesandt wurden. Abbe berichtete 1878 ausführlich über die optischen Hilfsmittel der Mikroskopie (s. auch S. 100 ff).

Die Jenaer optische Werkstätte hatte von dieser Sendung Abbes also den Vorzug, daß er nicht allein auf der Ausstellung deutsche und englische Mikroskope prüfen und vergleichen konnte, sondern daneben auch die allgemeine Gültigkeit seiner Ansichten über die Mängel der Farbenhebung festzustellen vermochte, die er bisher nur an Jenaer Erzeugnissen regelmäßig hatte prüfen können.

Um die Mitte des Augusts 1876 (s. <sup>6</sup> 275  $\omega$ , <sup>6</sup> 28  $\beta$ ) ist Abbe über Belgien nach London gereist; das war insofern für England kein besonders günstiger Zeitpunkt, als dort viele hervorragende Männer in dieser Zeit ihren Jahresurlaub antraten und von London fern waren. Nach K. Snells Briefe vom 27. September <sup>17</sup> 110  $l\psi$  ist er Anfang Oktober in Jena zurückerwartet worden. Die Arbeit war eben viel größer, als er zunächst angenommen hatte.

Über die wissenschaftliche Ausbeute wird S. 99 ff zu handeln sein; hier mag hervorgehoben werden, daß Abbe mit der Überzeugung heimkam, auch die fremden Mikroskopobjektive litten unter der Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung ebenso wie die heimischen, und dieser Fehler sei der Hauptgrund für die Beschränkung der Leistung der starken Objektive von großer Öffnungszahl.

Vermutlich war das zweite Polyop-Objektiv (<sup>1</sup> 202  $\beta$  = <sup>24</sup> 32  $\beta$ ), eine Wasserlinse mit  $'A = 1.15$  und  $f' = 3$  mm, noch vor seiner Abreise nach London fertig geworden, so daß er den großen Fortschritt ihrer Wirkung beim Vergleich mit den nach dem üblichen Plane gebauten Wasserlinsen entsprechender Öffnungszahl und Stärke feststellen konnte (s. a. <sup>1</sup> 159  $\beta$ ,  $\gamma$ ).



Das wird er jedenfalls bei seinen Berichten vor Carl Zeiss betont haben, mit dem er seit 1873 die Unmöglichkeit besprochen hatte, ohne Glasarten mit ganz abweichenden Eigenschaften größere Fortschritte im Bau von Mikroskopobjektiven zu machen. Den Beweis für derartige Besprechungen kann man (s. S. 67 $\gamma$ ) seiner zusammenfassenden Darstellung entnehmen.

Man erkennt eben daraus deutlich, daß Abbe die Folgerungen, die er aus seiner Verwendung von Flüssigkeitslinsen beim Bau weit geöffneter Mikroskopobjektive zog, mit Carl Zeiss häufig, lange Jahre hindurch und eingehend erörtert hat. Er zeigte sich auch hier wieder als ein mustergültiger Mitarbeiter seines Partners und Freundes.

Den Beginn dieser für die Zukunft so bedeutungsvollen Arbeiten wird man um 1873 ansetzen, und das erklärt auch, warum in den nach S. 68 $\alpha$  im Frühjahr 1873 veröffentlichten Beiträgen zur Theorie des Mikroskops von den neuen Ausichten noch nicht die Rede ist. Frühe Rechnungen zum ersten Polyop-Objektiv sind nach 7 8 $\psi$  vom September 1873 bedatet, und nach Abbes eigenen Worten <sup>24</sup> 46<sup>1</sup> sind sie an Vorarbeiten seit dem Jahre 1871 anzuschließen. Dazu stimmt es denn aufs beste, daß er in seiner Arbeit über die Bestimmung der Brechung und Zerstreuung <sup>2</sup> 83<sup>1</sup>/84 früh im Jahre 1874 schon die Glasforderung nach S. 99 $\alpha$  allgemein aussprach, die wir heute mit seinem Namen zu bezeichnen gewohnt sind. Das zweite Polyop-Objektiv vom Jahre 1876 wird, wie oben gesagt, bereits fertig gewesen sein, als Abbe sich im August 1876 zur Londoner Reise rüstete; es hat ihn mit dem ersten zusammen in den Stand gesetzt, mit aller Bestimmtheit auf den Vorteil hinzuweisen, der aus einer Erschmelzung neuer Glasarten für die Verbesserung der Mikroskopobjektive großer Öffnungszahl gezogen werden könnte; dazu ist S. 102 $\psi$  zu vergleichen. Die durch die neu erworbene Kenntnis der englisch-amerikanischen Objektive verstärkte Einsicht in die Notwendigkeit neuer Glasarten hat er — man vergleiche S. 67 $\gamma$  aus dem Jahre 1896 — nach seiner Heimkehr mit seinem Partner

durchgesprochen und ihm die Notwendigkeit geschildert, gegebenenfalls selber in die Glasherstellung einzugreifen. Wenn man beachtet, daß das 1876 — also 10 Jahre vor dem Erscheinen der Apochromate — geschah, so war Abbe gewiß vollauf berechtigt, von einer „sehr frühzeitigen“ Erkenntnis zu sprechen.

Es ist aber kein Zufall, wenn von 1876 ab Berichte über die persönlichen Beziehungen zwischen Abbe und Zeiss gering werden oder ganz mangeln: der alte Herr war um diese Zeit <sup>3</sup> 80  $\gamma$  nicht mehr frisch, und seine Kräfte ließen sichtlich nach. Die alte Werkstätte begann für die Belegschaft — es handelte sich <sup>23</sup> 321<sup>1</sup> in dem Jahre 1878 etwa um 50 Arbeiter — zu klein zu werden, und doch stand <sup>3</sup> 78  $\beta$  die Gliederung der technischen Arbeit, der inneren Einrichtung und der kaufmännischen Verwaltung noch auf dem Boden des Kleingewerbes. Von Carl Zeiss waren aber grundlegende Änderungen nicht mehr zu erwarten.

In seinem rückschauenden Bericht erkennt Abbe <sup>3</sup> 80  $\omega$  vom Jahre 1876 ab der Einwirkung von Roderich Zeiss<sup>P</sup> eine grundlegende Bedeutung zu. Roderich Zeiss war (s. S. <sup>24</sup> 39  $\epsilon$ ) im Herbst 1876 in den Betrieb der beiden Partner eingetreten und 1879 (<sup>24</sup> 89  $\alpha$ ) offener Teilhaber geworden. Auf ihn gehen eben <sup>3</sup> 80  $\omega$  zurück „die Einrichtung einer „regelrechten kaufmännischen Verwaltung, die Beschaffung „neuer und ausdehnungsfähiger Lokalitäten, die gesteigerte „Verwendung elementarer Kraft und vor allem der Anfang „zu rationeller Arbeitsteilung für die fabrikatorische Tätigkeit, „die unter Einführung verbesserter Arbeitsmaschinen und „Einrichtungen und unter Heranziehen neuer technischer „Kräfte damals zunächst für die im engeren Sinn mechanischen Arbeiten, die Metallbearbeitung, in Gang gebracht „wurde. Dem schließt sich an die Einrichtung eigener Hilfsbetriebe für Tischlerei, Gießerei und anderer Verrichtungen, „um die tägliche Arbeit von den vielen äußeren Erschwernissen „zu entlasten, welche vorher die Abhängigkeit von Fremden „mit sich brachte.“

In dem ständig erweiterten Kreise ist es zu einer solchen Gemeinsamkeit der Arbeit wie in den Jahren von 1869 bis 1876 nicht mehr gekommen.

Man muß für Abbes persönliche Entwicklung noch etwas weiter zurückgreifen.

Er trat — wie auf S. 89  $\gamma$  bemerkt — seine Reise um die Mitte des Augusts 1876 an, also zu einem für den Besuch von London nicht besonders geeigneten Zeitpunkte, und hat daselbst auch tatsächlich nicht sehr viele der maßgebenden Mikroskopiker angetroffen; am wesentlichsten ist für ihn die Bekanntschaft mit J. W. Stephenson geworden.

Die Bedeutung der so erhaltenen Anregung ist für die Jenaer Werkstätte auch sicherlich sehr groß gewesen, aber für Abbes spätere Beziehungen zu der Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft würde man heute eine persönliche Berührung namentlich mit den beiden Mitgliedern Francis H. Wenham und George Shadbolt gewünscht haben. Im Jahre 1876 hatten beide das 50. Lebensjahr schon hinter sich und erfreuten sich allem Anscheine nach in den Sitzungen der Gesellschaft eines bemerkenswerten Ansehens.

Der jüngere von beiden Männern, F. H. Wenham, hatte, wie aus S. 83  $\beta$  meiner binokularen Instrumente von 1920 zu ersehen ist, schon 1854 allgemeine Ansichten über die Möglichkeit eines stereoskopischen Okulars geäußert, die sicherlich einen tiefen Eindruck auf Abbe gemacht hätten, wenn sie ihm zeitig genug bekannt geworden wären, und in der Verwendung einer dünnen Swanschen Luftschicht (ebenda, S. 132/33) im Jahre 1866 hatte er in der Tat einen Abbeschen Gedanken von 1880 vorweggenommen.

Der ältere, G. Shadbolt, wäre ebenfalls wohl geeignet gewesen, mit Abbe in eine anregende und angeregte Beziehung zu treten, wenn beide von guten Freunden miteinander bekanntgemacht worden wären. Er hatte in dem Leben der englischen photographischen Gesellschaften seit 1853 eine entscheidende Rolle gespielt und bei der Erörterung vom wahren und scheinbaren Gesichtsfeld, bei der Erklärung des Astigmatismus

schiefer Bündel, bei der Ableitung der Äquivalentbrennweite u. a. m. an der Bildung richtiger Vorstellungen auf dem Gebiete der geometrischen Optik einen Anteil gehabt, dessen Verdienstlichkeit Abbe bei persönlicher Bekanntschaft vermutlich lebhaft anerkannt haben würde.

Die Beurteilung der Ausstellungsmikroskope, über die auf S. 100  $\beta$  noch genauer zu sprechen sein wird, ist auch für Abbes Tätigkeit in Jena von großer Bedeutung geworden; sie wird die Sicherheit seiner Überzeugung erhöht haben, auf dem richtigen Wege zu sein.

Bald nach seiner Heimkehr von London mag er daran gegangen sein, für das erste Preisbuch (Nr. 22 vom Jahre 1877) seine Gedanken etwas ausführlicher darzulegen. Gleich im Anfang <sup>24</sup> 40  $\gamma$  wird hervorgehoben, daß es für die Herstellung der Objektive jetzt mit dem Pröbeln völlig zu Ende sei; man erkennt nach Vergleichung mit S. 28  $\gamma$ , wie weit die ersten 10 Jahre seiner Beschäftigung mit den Objektiven den Jenaer Betrieb gebracht hatten.

Die gegen Ende des Jahres 1877 von Abbe für seinen Freund und Partner englisch verfaßte Beschreibung der Zeissischen Form des Apertometers braucht hier nur eben erwähnt zu werden. Abbe hat offenbar gewünscht, bei seinen eigenen, immer enger werdenden Beziehungen zu der großen Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft auch seinen Freund daselbst gleichsam vorzustellen. — Es zeigte sich hier ganz deutlich, welch großen Vorteil er (s. S. 4  $\gamma$ ) aus dem guten Sprachunterricht Fr. Kochs und aus den im Englischen erteilten Nachhilfestunden (S. 12  $\beta$ ) gezogen hatte. Er hat in der Regel seine technischen Aufsätze ohne besondere Mühe in englischer Sprache abfassen können.

Das nächste Frühjahr — genauer wohl der alte Bußtag in Preußen, der 1878 auf den 15. Mai fiel — brachte Abben mit H. Helmholtzens Besuch mindestens für Berlin einen deutlichen Beweis seiner hohen Bewertung. Wir sind glücklicherweise nicht nur auf die recht undeutlich gewordene Jenaer Überlieferung <sup>26</sup> 175/76 angewiesen, sondern kennen nach

<sup>26</sup> 175 β auch Helmholtzens amtlichen Bericht über seine Reise und ihren Mißerfolg.

Es handelte sich dabei um die Besetzung des Berliner Lehrstuhls für mathematische Physik und gleichzeitig der Stellung als dritter Direktor des großen Berliner physikalischen Instituts wohl am Westende der Dorotheenstraße. Nach dem zwischen Abbe und Zeiss bestehenden Vertrage konnte Abbe an eine Annahme gar nicht denken, doch ist ihm die Ablehnung bitter schwer geworden, wie wir noch auf S. 105 ω sehen werden. Helmholtz wird vermutlich die bis dahin veröffentlichten Anzeigen von Abbes Vorlesungen in den Vorlesungsverzeichnissen bis zum Sommersemester 1878 — s. <sup>26</sup> 163 — gekannt und sich der großen Arbeit von 1873 (s. S. 68 β), sowie der Sendung Abbes nach London im Jahre 1876 erinnert haben. Es stimmt mit den einigermaßen verblaßten Jenaer Erinnerungen überein, wenn man annimmt, daß Abbe seinem Besuch einiges über die Genauigkeit der Herstellung der Objektive und ihre Prüfung gezeigt hat; auch die kurz zuvor fertig gewordene Paßölinse mag ihm vorgeführt worden sein. Auf jeden Fall brachte Helmholtz aus Jena einen großen Eindruck von der Gründlichkeit der Planung sowie von der Genauigkeit der Ausführung der Objektive mit heim.

Leider hat H. Helmholtz seinen Bericht über den Frühjahrsbesuch erst über ein halbes Jahr danach abgestattet, so daß also die Frische gelitten haben wird. Man erkennt aber aus dem Wortlaut, daß er über Abbes Teilhaberschaft an der Jenaer Werkstätte nicht unterrichtet wurde, wenngleich es ihm deutlich geworden war, daß geschäftliche Beziehungen zwischen Abbe und Zeiss bestanden.

In Jena verbreitete sich <sup>26</sup> 173 ζ die Kunde von dem glänzenden Angebot und seiner Ablehnung, vermutlich durch Snells Mitteilungen, rasch, so daß die Fakultät bereits am 4. Juni auf eine besondere Anerkennung drängte. Der neue Kurator — es war ein Freiherr v. Türcke —, mit dem Abbe nicht in näherer Beziehung gestanden zu haben scheint, be-

tonte besonders den Umstand, daß diese Ablehnung erfolgt sei ohne irgendein Verlangen nach Gehaltserhöhung.

Da Abbe auch ein Jenaer Ordinariat für Physik — wieder nach dem Wortlaut seines Vertrages mit Carl Zeiss, s. S. 46 $\alpha$  — ablehnte, so wurde er Ende Juli 1878 zum ordentlichen Honorarprofessor ernannt.

Der auf den April 1879 fallenden Einstellung P. Riedels soll ebenfalls gedacht werden; dieser Beamte ist wohl schon damals mit der Messung von Brech- und Zerstreuungszahlen beschäftigt worden.

Im Juni 1879 hatte Abbe, worauf noch auf S. 111 ausführlicher einzugehen sein wird, seinen Vortrag in London über den Teilapochromat aus alten Glasarten gehalten und seine persönlichen Beziehungen zu englischen Mikroskopikern weiter befestigt. Auf der Heimreise besuchte er den Hamburger Optiker Hugo Schröder und hat <sup>24</sup> 55  $\delta$  dabei, oder bald danach, dessen fähigen Helfer C. Moser kennengelernt, von dem auf S. 145/6 noch einiges zu berichten sein wird.

Von besonderer Bedeutung für die Jenaer Werkstätte wurde die im September 1879 herausgegebene Preisliste Nr. 24 für die neuen Paßöllinsen, die, wie dort erwähnt, seit dem Frühjahr 1878 angefertigt wurden. Da sich inzwischen, zunächst in England, umfangreiche Erörterungen über die richtige Bemessung der Apertur entwickelt hatten — auch der Aufsatz vom Ende 1877 über das Apertometer deutet darauf hin —, so gab jetzt Carl Zeiss seinen Widerspruch gegen die Aufführung der Öffnungszahl 'A in den Preislisten auf, und man findet 1879 in dieser Liste <sup>24</sup> 44  $\zeta$  zum ersten Male die Öffnungszahlen — zunächst noch von den Öffnungswinkeln begleitet — ausdrücklich als die bei einer Vergleichung entscheidenden Größen aufgeführt.

Gleich von Anfang an hatte sich Abbe mit der Auffindung eines geeigneten Stippmittels beschäftigt — 1879 hat er S. 110  $\beta$  noch drei oder mehrere angegeben — und erst 1884 im Oktober <sup>24</sup> 45 hat er sich endgültig für eingedicktes Zedernholzöl entschieden.

An dieser Stelle sollen schließlich die neuen — zeitlich nicht mehr genau einzuordnenden — Versuche eingeschaltet werden, das Arbeitsgebiet der Werkstätte auszudehnen.

Der erste Versuch muß vor das Jahr 1877 fallen. Er bezieht sich <sup>24</sup> 53  $\omega$  auf ein Gregorysches Fernrohr mit Glas-silberspiegeln, das Abbe geplant, in der Ausführung geprüft und schließlich dem bei der Ausrichtung beteiligten Mechaniker überlassen hatte. Dieser Mechaniker, R. Spranger, ist 1877 bei H. Schröder in Stellung gewesen und hat diesem Gewährsmann die Abbesche Anlage vorgewiesen.

Der zweite Versuch wurde im November 1879 mit einem winzigen holländischen Fernrohr von 4facher Vergrößerung gemacht. Hier sind auch <sup>24</sup> 54 die Angaben mit vollkommener Genauigkeit erhalten. Das Ergebnis befriedigte Abben nicht, der Grund dafür hat in der mangelnden Berücksichtigung der Augendrehung (s. S. 11  $\beta$ ) gelegen. Daß Abbe diese Besonderheit des Menschauges in seinen Arbeiten nicht beachtet hat, ist schon auf S. 52  $\alpha$  bemerkt worden.

Aus der Tatsache, daß er auch in dieser Zeit keinen neuen Versuch mit seinem Prismenfernrohr von 1873 (s. S. 41  $\omega$ ) machte, wird man wohl schließen können, daß die Ablehnung durch die Fachleute zu Wien auch 6 Jahre danach noch nachwirkte.

### Die eigentlichen Rechenarbeiten.

Daß Abbe auch in dieser Zeit durch Neuberechnungen das Geschäft förderte, läßt sich in einzelnen Fällen aktenmäßig belegen. Die <sup>27</sup> 265 in der Preisliste von 1877 neu aufgeführten Objektive a\* und die drei zwischen und an die drei ersten geschalteten Wasserstipplinsen H, K und M stehen dafür als Beweis. Die schwierigen Rechnungen für die zuletzt genannten Linsenfolgen werden vermutlich schon vor 1877 begonnen worden sein. Sein schwaches Objektiv a\* hat eine eigentümliche Anlage. Es ist nach Art eines Teleobjektivs angelegt; es erlaubt, durch eine einfache Drehung eines Objektivringes die Vergrößerung in ziemlich weiten Grenzen

zu verändern. Daneben wissen wir auch noch von dem zweiten Polyop-Objektiv, einer Wasserstipplinse von  $f' = 3$  mm und einer Öffnungszahl von 1.15, die Abbe wieder zu dem alten Zweck (von S. 40  $\alpha$ ) berechnet hatte. Er wollte jetzt auch bei einer starken Linsenfolge von großer Öffnung den Vorteil zeigen, der mit einer Hebung des Farbenunterschieds des Öffnungsfehlers verbunden ist. Als er (s. S. 89  $\gamma$ ) Mitte August 1876 im Auftrage des Preußischen Kultusministers Falk nach England reiste, wird vermutlich das zweite Polyop-Objektiv (s. S. 89  $\omega$ ) fertig gewesen sein, und er hat dann die Kenntnis von dem so erreichten Vorteil mit nach England genommen.

Im Anschluß an die englische Reise und die neuen Bekanntschaften dort hat er vermutlich noch im Jahre 1876/77 große Rechnungen vorgenommen. Hier kommt namentlich J. W. Stephenson in Betracht und sein Drängen auf eine Ölstipplinse oder genauer eine Paßöllinse, wobei das Öl möglichst dieselbe Brechzahl haben sollte wie Deckglas und Frontlinse. Jedenfalls steht es nach <sup>24</sup> 42<sup>1</sup> fest, daß die erste Ausführung für den englischen Tubus bereits am 29. Dezember 1877 fertig vorlag. Er war mit der Öffnungszahl auf 1.25 hinaufgegangen, und wir haben auf S. 95  $\psi$  gesehen, daß die Öffnungszahlen bald danach grundsätzlich auch in den Preislisten erschienen.

Ganz leicht wird den beiden Inhabern die Entscheidung für die Herstellung der neuen Paßöllinsen nicht geworden sein, weil man damals in Jena Bedenken trug, eine so ungewöhnliche Stippflüssigkeit einzuführen, und es sei auch hier (s. S. 95  $\omega$ ) darauf hingewiesen, daß erst im Oktober 1884 <sup>24</sup> 45 eine abschließende Mitteilung dazu durch die Leitung veröffentlicht wurde.

Jedenfalls sind aber damals die Rechenarbeiten für diesen Zeitraum nicht abgeschlossen gewesen, sondern Abbe brachte zum Juni 1879 ein sehr eigenartiges Objektiv heraus, in dem er den Farbenunterschied des Öffnungsfehlers mit einem Kron- und einem Flintglas alter Art heben konnte. Nach <sup>27</sup> 272  $\delta$  ist es möglich, daß die Ausbeutung der unerwarteten und



auch von Abbe lange übersehenen Möglichkeit mit Rücksicht auf die bald nachher begonnenen neuen Glasarbeiten unterblieb, doch lassen neuere Forschungen eine andere, auf S. 113  $\psi$  abzugebende Erklärung zu.

Schon im Februar 1878 hat er nach <sup>27</sup> 274/75 ein ganz neuartiges Mikroskopobjektiv für Meßzwecke ausführen lassen und in den Handel gebracht, das nach der Ding- und nach der Bildseite hin telezentrischen Strahlengang zeigte. Über den Grundgedanken dieser Anlage wird noch auf S. 107  $\beta$  zu sprechen sein. Erinnerungen daran haben sich in der Werkstätte nicht erhalten. Bekannt ist nach dieser Stelle nur, daß in unserer geschichtlichen Sammlung zwei verschiedene Ausführungen Nr. 36 mit der Öffnungszahl 0.65 und Nr. 62 mit 0.80 aufbewahrt werden. Die Abbésche Beschreibung von 1878 ist glücklicherweise zeitlich zu bestimmen, und zwar auf die ersten Monate von 1878 zu verlegen. Die wenigen Stellen, wo sonst noch von diesem „Meß“objektiv die Rede ist, die eine von 1882, die andere um 1892, bringen keine darüber hinausgehende Kenntnis; nach der letzten Erwähnung möchte man sogar annehmen, daß damals die Erinnerung an die alten Versuche schon recht verblaßt gewesen sei.

### Der Besuch der Londoner Leih-Ausstellung und seine tiefere Bedeutung.

Der mit Zeiss nach dem Mai 1875 abgeschlossene Vertrag machte Abben zwar zum Mitbesitzer — diese Beziehung wurde zunächst noch nicht veröffentlicht —, legte ihm aber den Verzicht auf eine Ausdehnung seiner akademischen Tätigkeit S. 46  $\alpha$  auf. Bald sollte er die Größe des dadurch übernommenen Verzichts erkennen.

Die nach S. 89  $\gamma$  um die Mitte des August 1876 angetretene Londoner Reise sollte für Abbe sehr wertvoll werden; man muß sich nur vorstellen, was es bedeutete, daß ein Fachmann des Mikroskops (mit unvergleichlicher Erfahrung sowohl in der Theorie als auch in der Prüfung vorliegender Objektive) in die Lage kam, die Leistungen der englischen und der amerika-

nischen Mikroskopbauer nach gründlicher Prüfung zu beurteilen. Von besonderem Wert werden ihm seine Kenntnisse der in den beiden Polyop-Objektiven erreichten Hebung des Farbenunterschiedes der Öffnungsabweichung gewesen sein. Hier hatte er die beste Gelegenheit zu prüfen, ob dieser Fehler, der nach seiner damaligen Auffassung in Folgen aus den bekannten Silikat-Glasarten nicht zu heben war, in den angelsächsischen Objektiven ebenso deutlich zu beobachten war wie in den heimischen Erzeugnissen. Eine Gewißheit darüber mußte ihm damals, wo man sich in Jena klar war, daß die Leistungen der Polyop-Linsen nur nach tiefgreifender Änderung des Glasersatzes mit marktgängigen Objektiven zu erreichen wären, von besonderer Wichtigkeit sein. Daß er schon vor der Londoner Reise, ja bereits nach der Herstellung des ersten Polyop-Objektivs (S. 40 $\alpha$ ) genauer über die Mängel der alten Glasarten unterrichtet war, folgt aus einer Anmerkung zu seiner Arbeit über Spektrometer und Refraktometer im Frühjahr 1874, wo er  $^2 83/84 = ^{26} 170 \delta$  wörtlich sagte: . . . „Wie die Theorie auf das Bestimmteste nachweist, hängt die weitere Vervollkommnung der meisten optischen Instrumente durchaus nicht ab von der Erzeugung immer schwererer Flintgläser, sondern vielmehr von der Herstellung solcher Glasflüsse, bei welchen der mittlere Brechungsindex und die Dispersion andere Verhältnisse haben als bei den gangbaren Arten von Kron und Flint“.

Hinzu kam noch, daß er seit langen Jahren ein Fachmann in den Mitteln der sorgfältigsten Flächenbearbeitung, der peinlichsten Ausrichtung der Linsen zur Folgenachse und der Beurteilung der höchsten, überhaupt erreichbaren Gleichartigkeit der Erzeugnisse war.

Bei seinem eindrucksvollen Bericht müssen wir zeitlich etwas vorausgreifen, da dieser erst im September 1878 erschien, und zwar in dem ersten Teil des von A. W. Hofmann herausgegebenen Sammelwerks. Das Werk wurde, da eine Reihe von Berichtern unpünktlich arbeitete, erst im Januar 1881 abgeschlossen. Abbe beschränkte sich dabei <sup>1</sup> 128  $\downarrow$

grundsätzlich „auf die Tatsachen, welche auf den Stand der „optischen Leistungen ein Licht werfen und Winke in bezug „auf die weiteren Fortschritte dieser Leistungen zu entnehmen „gestatten“.

Das zeitliche Zusammenfallen der Londoner Loan Collection mit der Centennial Exposition in Philadelphia war für die Darbietung amerikanischer Mikroskope sehr ungünstig, so daß die angelsächsischen Einrichtungen allein durch England vertreten waren, während die festländischen Formen durch die deutschen Stücke dargestellt wurden, da die französischen Hersteller so gut wie ganz fehlten. Die historische Entwicklung läßt er beiseite und geht nur auf die neuzeitlichen Formen ein. Nach kurzer Aufführung der einzelnen Aussteller lehnt er die Besprechung der mechanischen Teile am Ständer ab; er will, wie soeben bemerkt, nur <sup>1</sup>128 $\gamma$  die Tatsachen anführen, die „auf den Stand der „optischen Leistungen ein Licht werfen und Winke in bezug auf die „weitem Fortschritte dieser Leistungen zu entnehmen gestatten.“ — Ein einschneidender Fortschritt sei nicht zu verzeichnen, denn <sup>1</sup>131 $\gamma$  „in den letzten zwei Jahrzehnten ist auf diesem Felde nichts geschaffen „worden, was — wenn man auf das Entscheidende sieht, auf den Nutzen „für die Erweiterung des mikroskopischen Studiums — auch nur ent- „fernt verglichen werden könnte mit den Fortschritten, deren sich Plössl „und Oberhäuser ihren Vorgängern gegenüber rühmen durften, mit „dem, was Amici seinerzeit erreichte, mit den Verbesserungen, welche „die Objektive in den vierziger Jahren in England durch Andrew Ross „u. A. erfahren haben, oder mit dem wichtigen Fortschritte, den die „Vervollkommnung der Immersionslinsen durch Hartnack bezeichnet.“ Daneben seien die Spitzenleistungen der verschiedenen Hersteller von Ruf so ziemlich von gleichem Range.

Also wird man an allgemeine Hindernisse denken können; sie sind in seinem eigenen Beitrage von 1873 (S. 72/3) auseinandergesetzt und auch ein Hinweis auf die Helmholtzische Arbeit von 1874 sei am Platze. Seine eigenen Aufstellungen hätten zwar bei den meisten Mikroskopikern wenig Anklang gefunden, doch sollen jetzt die hier vorliegenden Fragen eingehender und schärfer erörtert werden. Die optische Leistung des zusammengesetzten Mikroskops hängt ab von der Vergrößerung, der geometrischen Vollkommenheit der Abbildung und von der Größe des Öffnungswinkels. Die ersten beiden Punkte seien leicht zu kennzeichnen; die Vergrößerung sei nur so weit zu steigern, daß alle im Bilde enthaltenen Einzelheiten dem beobachtenden Auge bequem genug vorzuführen wären. Die geometrische Vollkommenheit sei zu bemessen nach der Größe der Zerstreuungskreise, die stets an Stelle scharfer Punkte auftreten, sie bestimmt die Kleinheit der abzubildenden Einzelheiten; sie

hängt natürlich von dem Grade der Hebung der Öffnungs- und der Farbenabweichung und von der Güte der Ausführung ab.

Bei der Größe des Öffnungswinkels ist auf die Beugung zurückzugehen, denn das Bild kommt nicht etwa dadurch zustande, daß das Objekt Punkt für Punkt wiedergegeben wird, sondern man muß von Objekten, die mittels durchfallender oder zurückgeworfener Strahlen leuchten, die Beugung berücksichtigen, die diese durchfallenden oder zurückgeworfenen Strahlen im oder am Objekte selbst erfahren.

Jeder Lichtstrahl löst sich beim Durchgang in oder beim Zurückwurf an einem feinen Gefüge in ein weitgeöffnetes Strahlenbündel auf, dessen Helligkeit je nach der Natur des Gefüges auf die mannigfachste Weise abgestuft sein kann. Alle zu einem und demselben Dingelement gehörigen Strahlenbündel können miteinander interferieren und bilden in der dem Dingelement optisch zugehörigen Ebene eine bestimmte Interferenzerscheinung, die sich als Abbildung des Objekts darstellt.

Also ist von einer flächenhaften, Punkt für Punkt erfolgenden Wiedergabe des Objekts keine Rede. Wenn nun alle Strahlenbündel merklicher Leuchtkraft, in die die Beugungswirkung das einfallende Licht zerlegt hat, vom Objektiv aufgenommen und wieder versammelt werden, so wird das Interferenzbild identisch mit einer Abbildung des Objekts Punkt für Punkt. Wenn dagegen nur ein Teil davon von dem Objektiv aufgenommen wird, so ist das Beugungsbild nur das vergrößerte Bild des Gefüges, dessen vollständiges Beugungsbild mit der wirklich aufgenommenen Strahlengruppe übereinstimmt; werden andere und andere Teile des vollständigen Beugungsspektrums vom Objektiv aufgenommen, so ergeben sich andere Gefügebilder. Andererseits können ganz verschiedene Objekte dasselbe Beugungsbild ergeben, wenn die in das Objektiv gelangenden Strahlen in bezug auf Anordnung und Leuchtkraft miteinander übereinstimmen.

Je kleiner nun die Gefügeeinheiten sind, desto weiter ist das Beugungsspektrum merklicher Leuchtkraft geöffnet, und desto weiter müßte der Öffnungswinkel des Objektivs sein. Schließlich ist auch bei dem größten Öffnungswinkel nur ein kleiner Teil, das mittlere Gebiet der vollständigen Beugungerscheinung, dem Objektiv zugänglich. Um so mehr verschwinden die dem Objekt eigentümlichen Merkmale, und man kommt zu einer ganz schematischen Darstellung typischer Form, wozu auch die Streifensysteme und Felderzeichnungen an den feineren Diatomeenschalen gehören, und solche Darstellungen brauchen mit den Objekten keinerlei wirkliche Ähnlichkeit zu haben.

Daher ist für die wissenschaftliche Beobachtung der Öffnungswinkel das Wichtigste am Objektiv, und man muß das Maß dafür in der Öffnungszahl (numerischen Apertur)

$$^{\circ}A = n \sin \zeta$$

sehen: je größer  $\gamma A$ , desto kleinere Maßeinheiten sind dem Objektiv noch zugänglich.

Jede Vervollkommnung muß sich auf die Vergrößerung von  $\gamma A$  beziehen. Bei den Trockenlinsen mit  $n = 1$ , also,

$$\gamma A = \sin \zeta$$

ist 1 die unüberschreitbare Grenze. Die Stipplinsen mit  $n > 1$  sind diesen grundsätzlich überlegen, weil sich die Wellenlänge im Stippmittel verkürzt. Man sehe auch Abb. 22 auf S. 78.

Wie wird sich nun die weitere Vervollkommnung gestalten? Bei Wasser mit  $n = 1.33 = 4/3$  wird die Kleinheit des Unterscheidbaren höchstens auf  $4/3$  des idealen Trockenobjektivs hinabgehen, und bei Öllinsen mit  $n = 1.5 = 3/2$  etwas weiter, also sind immer nur kleine Schritte möglich.

Auch durch die Beobachtung mit blauem und durch Aufnahmen mit violetterem Licht kann man etwas weiter kommen bei der Beobachtung feinsten Einzelheiten.

Also wird die zukünftige Verbesserung der Objektive nicht in der Steigerung des Öffnungswinkels liegen, sondern in der Erhöhung der dioptrischen Genauigkeit der Strahlenvereinigung. Wichtig ist dabei die brauchbare Vergrößerung über die Lupenvergrößerung des Objektivs hinaus. Hier zeigt sich schon ein deutlicher Vorteil der neuzeitlichen Objektive. Das Ziel sollte sein, die zugänglichen Vergrößerungen mit schwächeren Objektiven, aber mit stärkeren Okularen zu erreichen.

Die Güte der Ausführung ist jetzt schon sehr hoch  $\approx 157 \beta = 26165 \omega$ ; die Mängel liegen eben in den theoretischen Abweichungen von der idealen Strahlenvereinigung im Bildpunkt.

Ein Hauptgrund dafür liegt in der Art der jetzt verfügbaren Glasarten. Zu dem ungleichförmigen Gang der Zerstreuung im Kron- und im Flintglas und dem dadurch bedingten sekundären Spektrum kommt noch die in höchstem Maße störende Farbenverschiedenheit des Öffnungsfehlers. Ein Objektiv, das für gerade Beleuchtung die günstigsten Bilder liefert, zeigt bei schiefer Beleuchtung Farbensäume und umgekehrt.

Das würde sich bessern lassen, wenn es optisch verwertbare Mittel gäbe, bei denen eine verhältnismäßig niedrige Brechzahl mit hoher Zerstreuung oder eine hohe Brechzahl mit verhältnismäßig niedriger Zerstreuung verbunden wäre.

Die Vervollkommnung des Mikroskops hängt ab von der Vervollkommnung der Glasschmelzkunst, und leider sind die wichtigsten Versuche von Stokes mißlungen. Die Glasfabriken für den Handel sind gering an Zahl und haben für solche mühseligen, nicht einträglichen Versuche nichts übrig.

Hier sei ein Feld, wo gelehrte Körperschaften, die für wissenschaftliche Bedürfnisse Geldmittel aufzubringen vermögen, sich besondere Verdienste um das Mikroskop erwerben könnten.

Einige Jahre später, genauer im April 1884, hat er in England gelegentlich darauf hingewiesen, daß zu der Zeit, da er diesen Aufsatz schrieb, — also wohl 1877/78 —, auch unter Mikroskopikern die Ansicht gegolten habe, es sei ,nur eine Frage der Zeit, bis man die Molekeln sehen würde. Diese ,Meinung habe ihm bei seiner ganzen Erörterung vor Augen ,gestanden, und er habe darum auch einen so hohen Maßstab ,für die Bewertung des Fortschritts angelegt. Die Erhöhung ,des Abbildungsvermögens von 1.1 auf 1.4 sei also nur winzig ,klein gegenüber der derzeitigen Annahme.'

Besonders hinweisen möchte ich auf die unübertreffliche Sachlichkeit und Ruhe, mit der er  $^{1}131\gamma = ^{24}38\beta$  die Ergebnisse der letzten zwei Jahrzehnte — und damit auch seine eigenen Erfolge — zurückstellte hinter die Leistungen von Plössl und Oberhäuser, Amici, Andrew Ross und Hartnack. Auch bei der Bewertung seiner eigenen Arbeiten wollte er eher weniger, bestimmt nicht mehr scheinen, als er war. Jedenfalls mag es ihm im Ausblick auf die Zukunft widerstanden haben, der Strahlenvereinigung bei den alten, mit starkem Farbenunterschied der Öffnungsabweichung behafteten Objektiven ein Lob zu spenden, das er mit seiner erweiterten Kenntnis der erreichbaren Möglichkeiten für unberechtigt hielt.

Um diese Zeit ist der Übernahme der alten Jenaer Sternwarte durch Abbe zu gedenken, wozu er sich (s. a. <sup>6</sup>166/67 sowie <sup>15</sup>181 (c)) im Jahre 1877 auf des Kurators M. Seebeck Wunsch bereiterklärte. Es wird das eine der letzten Maßnahmen in M. Seebecks Amtsführung (s. S. 9<sup>1</sup>) gewesen sein. Abbe dachte damals in keiner Weise daran, die Astronomie als selbständige Wissenschaft in bezug auf Unterricht und Forschung in Jena vertreten zu wollen, aber sie sei als Hilfswissenschaft der mathematisch-physikalischen Studien im allgemeinen und als Schule der exakten Beobachtungskunst

zu bezeichnen. Er übernahm die Leitung am 15. August 1877 und erhielt dafür das den kleinen Jenaer Verhältnissen entsprechende Jahresgehalt von 900 M, über dessen Verausgabung allein im Dienste der Sache er  $7\frac{1}{2}$  Jahre später <sup>27</sup> 258 ε Näheres berichtet hat.

Wiewohl wir uns in dieser Darstellung mit seinen Arbeiten zur Himmelforschung nicht beschäftigen können, sei doch darauf hingewiesen, daß er in dem besonders arbeitsreichen Jahre 1879 vor der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft am 2. Mai einen Vortrag hielt über die Bestimmung von Zeit und Polhöhe aus Beobachtungen in Höhenparallelen.

### Abbes wissenschaftliche Weiterführung und Vertiefung der Arbeiten hauptsächlich am Mikroskop.

Die nähere Beziehung zu englischen Fachleuten veranlaßte ihn, im Spätherbst 1877 einen in Zeissens Namen verfaßten Bericht <sup>1</sup> 113 über die neue Form des Apertometers an die Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft einzusenden, wo er am 5. Dezember 1877 verlesen wurde. Wie schon bemerkt, waren auch in England unhaltbare Ansichten über die Bemessung der Öffnung in Stipplinsen verbreitet, und daher war es Abben doppelt recht, vor seinen Bekannten seine Ansicht zu vertreten.

Das Mikroskopobjektiv, dessen Öffnungszahl gemessen werden soll, wird am Apertometer als Fernrohrobjektiv benutzt, dessen Öffnung hier durch die Mitte des gewöhnlichen Sehfeldes — gekennzeichnet durch ein unten versilbertes Deckgläschen mit einem kleinen, zentral liegenden Öffnungskreis — beschränkt wird. Wenn man es nicht vorzieht, zu der Beobachtung mit unbewaffnetem Auge vom Ende des Tubus auf das Mikroskopobjektiv hinabzuschauen, so dient als terrestrisches Okular ein Hilfsmikroskop mit einer über seinem schwachen Objektiv befindlichen Blende, die alle falschen, d. h. nicht durch die freigelassene Öffnung des Deckgläschens gegangenen Strahlen abblendet. Man stellt auf die Spitzen der Zeiger ein, die an die Grenzen des Fernrohrgesichtsfeldes gebracht werden. An der oberen Fläche des Halbkreises sind zwei Skalen (Abb. 25) angebracht, die äußere für die Öffnungszahlen  $n \sin \zeta$ , wo  $n$  die Brechzahl der Stippflüssigkeit und  $\zeta$  den halben Öffnungswinkel in diesem Mittel bedeutet und die innere für den halben Öffnungswinkel

in Luft. Der Ausdruck  $a = n \sin \zeta$  wird hier zum ersten Male als Öffnungszahl (numerical aperture) bezeichnet. Die Blende des Hilfsmikroskops ist ein wesentlicher Teil davon, und ihr Durchmesser und ihre Lage müssen der achromatischen Linse, die als Objektiv des Hilfsmikroskops dient, genau angepaßt werden, wenn sie ihren oben angegebenen Zweck wirklich erfüllen soll, einzig nur solche Strahlen dem Auge zuzuführen, die durch die Mitte des Sehfeldes am Mikroskop getreten sind.

Schon auf S. 94  $\beta$  wurde auf die Ablehnung der Berliner Professur in ihrer geschäftlichen Bedeutung hingewiesen;

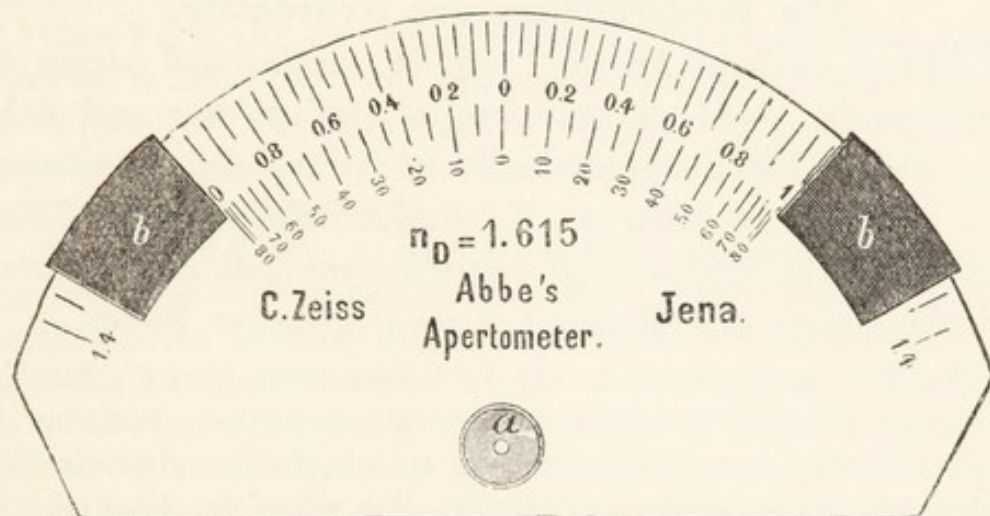


Abb. 25. Die Oberfläche des Abbeschen Apertometers aus Flintglas in der Zeissischen Form etwa seit 188<sup>?</sup>. Aus dem Besitze der Optischen Werkstätte; man vergleiche auch <sup>24</sup> 23 +.

hier soll noch der Eindruck geschildert werden, den jene Ablehnung nach einem aus dieser Zeit stammenden Briefe <sup>26</sup> 174  $\psi$  auf Abbe machte.

Da dieser Brief an A. Dohrn seine Ernennung zum ordentlichen Honorarprofessor (s. S. 95  $\beta$ ) erwähnt, so kann er erst nach dem Ende des Julis 1878 geschrieben sein, und Abbe hatte seit dem 15. Mai Zeit genug gehabt, sich die Folgen der Ablehnung zu überlegen. Einen Zweifel an der Richtigkeit seiner Entscheidung hat er damals bestimmt nicht geäußert, aber der Kummer ist noch wohl zu erkennen. Das ist auch in keiner Weise verwunderlich, denn die Laufbahn als Forscher auf dem Gebiete der allgemeinen Physik und als Lehrer war damit abgeschnitten. Der Boden der Jenaer Hochschule erwies sich für die Pflanze der technischen Optik als besonders steinig



und ließ sie auch später keine wesentlichen Früchte tragen. Wie stark Abbe in Berlin hätte wirken können, wenn er im Oktober 1878 dorthin übergesiedelt wäre, läßt sich gar nicht ermessen; auf keinen Fall wären seine Vorlesungen so tonlos verhallt, wie es in Jena der Fall war. Wie kann man Abben den Kummer darüber verdenken, daß sein Gebiet zum großen Teile unfruchtbar blieb, weil die von ihm reichlich ausgestreute Saat auf einen so steinigen Acker fiel?

### Die Weiterbildung der Achromate.

Abbes nächste Arbeit <sup>1</sup>165 ist anscheinend wenig beachtet worden, weil sie sehr knapp<sup>1)</sup> gefaßt war und daher den meisten Lesern vermutlich in ihrer vollen Bedeutung nicht aufging. Er hielt am 8. Februar 1878 vor der Jenaer Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft einen Vortrag über mikrometrische Messung mittels optischer Bilder.

Tatsächlich ging er darin auf die Einschaltung über die Strahlenbegrenzung in seiner Abhandlung über die Lichtstärke optischer Instrumente vom Jahre 1871 (s. S. 52  $\omega$ ) zurück, freilich ohne diese Vorgängerschaft ausdrücklich zu erwähnen. Wie schon der Titel erkennen läßt, beschäftigt ihn hauptsächlich die Verwendung von Linsenfolgen zur Messung. Da er sorgsam zwischen Bild- und *Mattscheibenebene*<sup>2)</sup> unterscheidet, so kommt es auf die Zerstreuungsscheiben und darum auf die Öffnungsbilder<sup>3)</sup> an. Von besonderer Bedeutung für Messungen ist der besondere Fall, daß Öffnung oder Öffnungsbild in das Unendliche rücken, oder, wie er sagt, „telezentrischer Strahlengang“ nach der Ding- oder der Bildseite eintritt; im allgemeinen lagen bisher Öffnung und Öffnungsbild in der Nähe der Hauptpunkte.

Wendet man sich nun zu den besonderen Geräten, so behandelt er zuerst das Mikroskop. Wird es nach der Dingseite telezentrisch, so braucht die Abstandsänderung einer achsensenkrechten Dingenbene bei der Messung nicht beachtet zu werden. Ist es nach der Bildseite tele-

1) Ihre „detaillierte Darlegung soll demnächst an einem anderen Orte gegeben werden.“ <sup>1</sup>166 $\beta$ .

2) Er nennt die letzte allerdings *Pointierungsebene*, doch sei hier der obige Ausdruck verwandt, weil er heutzutage den meisten Lesern bekannter sein wird. v. R.

3) Den Ausdruck der Pupillen hatte er für Veröffentlichungen auch in dieser Zeit (s. S. 53 <sup>1</sup>) nicht angenommen.

zentrisch, so macht das die Messung unabhängig von dem Abstände der Einstellebene und seinen Veränderungen.

Abbe hat gefunden, daß es möglich ist, ein Mikroskopobjektiv nach der Ding- und der Bildseite telezentrisch zu machen, und das hat für Messungen große Vorteile. „Es hat unendlich große Brennweite und „unendlich entfernte Brennpunkte und bildet alle Objekte in einer „beliebig zu bestimmenden aber konstanten Vergrößerung ab, so daß „diese Vergrößerung sowohl vom Objektabstand wie vom Bildabstand „— also auch von der Tubuslänge — unabhängig bleibt“ (1 169 β. Vielfältige praktische Erprobung habe die Vorzüge dieser Anlage (S. 98 β) erwiesen.

Beim Fernrohr, das nach der Bildseite hin telezentrisch gemacht wurde, hat er sehr eigenartige Meßbeziehungen zwischen dem Abstand vom Objektiv und der Hilfslinse und der Brennweite der Verbindung angedeutet, was namentlich für die Abhängigkeit der Brennweite von Temperaturänderungen wichtig sei.

Auch das Heliometer ist von ihm näher untersucht worden, und es hat sich dabei ergeben, daß die Meßleistung einer solchen Einrichtung wesentlich davon abhängt, ob die den Lichteintritt begrenzenden Öffnungen der Objektivhälften an der Bewegung der Hälften teilnehmen oder nicht. Wendet man auch hier den nach der Bildseite telezentrischen Strahlengang an und begrenzt die Öffnungen durch eine feste kreisförmige Blende, in deren Nähe die Verschiebung der einen Objektivhälfte gegen die andere vorgenommen wird, so ergeben sich auch hier wieder große Vorzüge für die Ausführung der Messung.

Schließlich hat er auch noch die Okulare auf ihre Wirkung und möglichen Fehler untersucht, doch deutet er die Ergebnisse hier nur ganz allgemein an.

In diesem Aufsatz ist die Unterscheidung von Mattscheiben- und Bildebene von hoher Bedeutung, und es ist außerordentlich bedauerlich, daß sich Abbe nie genauer mit der Wirkung der Aufnahmelinse beschäftigt hat, er würde dort die große Bedeutung einer solchen Betrachtung schnell erkannt haben, weil bei einem Rauming die Einstellebene nur mit einer einzigen Ebene durch den Gegenstand zusammenfallen kann, von den übrigen achsensenkrechten Ebenen durch das Rauming aber verschieden sein muß.

Im Hinblick auf den telezentrischen Strahlengang bei einem zur Messung verwendeten Fernrohr ist auf das Patent *Des instruments anallattiques I. Porros* vom Jahre 1848,

veröffentlicht 1853, hinzuweisen (s. a. S. 75/81 der in <sup>28</sup> 346 <sup>10</sup> angeführten Arbeit), wo sich ein bestimmter Fall deutlich vorweggenommen findet.

Über die auf den 29. November 1878 fallende Äußerung über Blutkörperzählung (mit der von C. Zeiss aufgenommenen Thomaschen Kammer) soll hier nicht eingehender gehandelt werden, da sich der Hauptteil der Arbeit mit der Feststellung der Einzelabweichungen von dem Mittelwert beschäftigt. Es soll entschieden werden: wie groß ist beim Abzählen der Blutkörperchen in einem gewissen Raumteil der Mischung der wahrscheinliche Fehler, und von welchen Umständen hängt seine Größe ab?

Kurze Zeit danach, nämlich am 10. Januar 1879, sprach Abbe wiederum vor der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaften <sup>1</sup>181 über Stephenson's System der homogenen Immersion bei Mikroskopobjektiven (s. S. 97  $\beta$ ).

Nach einem Rückblick auf G. B. Amici, der Mikroskop-Objektive für das stark brechende Anisöl als Stippflüssigkeit angelegt, und auf den amerikanischen Optiker Spencer, der Glyzerin mit gutem Erfolge als Stippflüssigkeit verwandt haben soll, geht er zu seinen eigenen Ergebnissen über. Danach liegt die günstigste Bedingung vor, wenn — Kronglas-Frontlinsen vorausgesetzt — das Stippmittel gerade die Brechzahl des Kronglases erreicht. Denn dann fällt nicht nur der Lichtverlust durch den schiefen Austritt der Strahlen fort, sondern es verschwinden auch die beträchtlichen Öffnungsabweichungen, die sich gleichzeitig damit einstellen. Daher stehen also die neuen Linsen ihrer Strahlenvereinigung nach merklich über den für Wasser eingerichteten. Ein Nebengewinn ist der Fortfall der Deckglaskorrektur, denn bei einem dickeren Deckglase kann die Ölschicht dünner werden und umgekehrt.

Er hat früher von dieser Möglichkeit nicht viel gehalten, weil ihm Öl als Stippflüssigkeit zu unbequem zu sein schien, doch hat er sich zu dieser Rechnung durch den Vorschlag von J. W. Stephenson bewegen lassen, der auf die so ermöglichte Steigerung des Öffnungswinkels und die entsprechende Erhöhung des Unterscheidungsvermögens hinwies. Die Erfahrungen, die bisher von praktischen Mikroskopikern gemacht worden sind, sprechen nicht gegen eine solche Reihe von Objektiven, die auch biologischen Forschungen erwünschte Dienste leisten werden.

Die ersten, für den englischen Tubus berechneten Objektive sind (s. S. 97  $\beta$ ) vor etwa Jahresfrist fertig geworden, jetzt sind ganz starke 1.2 mm [<sup>1</sup>/<sub>18</sub> engl. Zoll] für den festländischen Tubus vorhanden, die

mit ihrer Leistung an *Surirella Gemma* auch vorgeführt werden. Sie leisten gegenüber den Wasserlinsen im Verhältnis von 1.5 : 1.33 mehr und gegenüber Trockenlinsen von 1.5 : 1.0. Die dabei erreichte Öffnungszahl ist 1.25 bis 1.27.

Sie ermöglichen, wie schon angedeutet, auch für biologische Forschung Besseres. Die Güte der Strahlenvereinigung ist höher, und man kann beim regelmäßigen Arbeiten stärkere Okulare verwenden, als es bei den älteren Objektiven angehen würde. Eine besonders schwere Probe hat ihnen das Verfahren R. Kochs für seine Bakterienuntersuchungen zugemutet, indem er nämlich zur Beleuchtung einen vollen, die ganze Objektivöffnung ausfüllenden Strahlenkegel verwandte. Sehr kleine und dichtgedrängte Gebilde, wie sie Bakterienpräparate darbieten, müssen dabei allerdings einer weitergehenden Auflösung als durch zentrale Beleuchtung der gewöhnlichen Art zugänglich werden; aber die Anforderungen an die Fehlerhebung im Objektiv steigen mit der Größe des Öffnungswinkels.

Die Nachforschung nach einer zweckmäßigen Stippflüssigkeit hat in erster Linie auf Zedernholzöl geführt, das in der Brechung vollkommen und in der Zerstreuung fast ganz mit den entsprechenden Werten des Kronglases übereinstimmt.

Durch den Zusatz einer der stärker brechenden Arten ätherischen Öls, Nelken-, Fenchel-, Anisöls u. a. m., kann man nach Belieben die Zerstreuung erhöhen, während die mittlere Brechung unverändert bleibt. Dadurch vermag der einzelne Mikroskopiker nach seinem Geschmack die Farbenhebung seines Objektivs zu ändern, und man kann damit den Farbenunterschied der Öffnungsabweichung in hohem Grade unschädlich zu machen.

Auf die genaue Einhaltung der Tubuslänge kommt es bei den neuen Objektiven sehr an. Da bei ihnen auf die Anbringung einer Korrektionsfassung verzichtet wird, so kann man mit einer Veränderung der Tubuslänge den kleinen Unterschied in der Brechzahl des Zedernholzöles bei Anwendung von Deckgläsern merklich größerer oder geringerer Dicke als der vorgeschriebenen ausgleichen.

Die Beleuchtung muß mit großer Sorgfalt geregelt werden, am besten mit dem früher (s. S. 85) beschriebenen Leuchtgerät.

Was die Anlage der optischen Systeme angeht, so hat Abbe dabei ein Frontlinsenpaar aus einfachem Kron verwandt, dem zwei Doppel-linsen (aus Kron und Flint) folgen. Diese Anlage ist für eine Steigerung des Öffnungswinkels besonders vorteilhaft. Man erhält dabei auch noch verhältnismäßig schwache Krümmungen für die Objektivflächen. Allerdings werden an die Genauigkeit der Ausführung sehr hohe Ansprüche gestellt, wenn man diesen Objektiven homogener Immersion wirklich die große Öffnungszahl von 1.25 geben will. In Jena werden sogar schon

Versuche gemacht, auch noch über diese Grenze hinauszukommen, und es ist Hoffnung vorhanden, demnächst eine Öffnungszahl von 1.35 zu erreichen.

In einem Nachtrag wird davon berichtet, daß sich wasserfreies Chlor-Zink in Wasser stark löst, und daß man dieses Mittel als Stippflüssigkeit verwenden könne. Noch günstiger erschienen dafür vorläufig wäßrige Lösungen von Natrium-Metawolframat und Lithium-Metawolframat, doch seien sie noch nicht genügend erprobt worden, da es an diesen Stoffen noch mangle.

Kurze Zeit nach diesem Vortrage, nämlich schon am 21. Februar 1879, machte Abbe der gleichen Jenaer Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft eine Mitteilung, die sich auf eine neue Verwendung eines der Refraktometer bezog, die er etwa 5 Jahre zuvor in der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft (s. S. 86/87) beschrieben hatte.

Er schloß an die im Jahre zuvor (1878) veröffentlichte Arbeit F. Kohlrauschens an, wo dieser Gelehrte mit dem von ihm erdachten Total-Reflektometer die optischen Werte von Kristallen auch doppelter Brechung ermittelt hatte. Die von Abbe daraufhin mit den eigenen Geräten vorgenommenen Versuche zeigten ihm, daß man auch mit diesen die Totalreflexion im reflektierten Licht sehr gut beobachten könne, wiewohl nicht ganz die Bequemlichkeit der Beobachtung zu erreichen sei, die die Beobachtung der Totalreflexion im durchfallenden Lichte auszeichne. Das betreffende große Refraktometer bedürfe nur einer ziemlich geringen Abänderung in der Fassung des drehbaren Flintprismas.

Sei diese Änderung durchgeführt, so könne dieses Gerät auch für die neuen Untersuchungen gebraucht werden, und zwar müsse man auf die freie Fläche des Flintprismas einen Tropfen einer Flüssigkeit von genügend hoher Brechung aufbringen und das zu untersuchende Stück mit seiner ebenen Fläche aufdrücken. Im übrigen aber sei die Bedienung die gleiche wie bei der Messung von Flüssigkeitsschichten mit durchfallendem Licht.

Von Flüssigkeiten mit genügend hoher Brechzahl werden Cassiaöl, Zimmt-Aldehyd und Arsen-Bromür vorgeschlagen.

### Der Teil-Apochromat von 1879.

Es ist erstaunlich, daß Abbe in dieser Zeit starker Beanspruchung die Zeit fand, die Neuerung vorzubereiten, über die er bei seinem zweiten Besuch in England am 11. Juni 1879

vor der Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft vortragen wollte. Wir müssen auf den Inhalt auch dieses Vortrages einigermaßen eingehen, da in ihm wichtige Stücke des Weges beschrieben wurden, der schließlich mit der Herstellung der Apochromate das langerstrebte Ziel erreichte.

Abbe unterschied bei der gewöhnlichen Hebung der Öffnungsabweichung — man wolle dafür auch S. 57  $\beta$  zu Rate ziehen — die Möglichkeit, Öffnungs- und Farbenabweichungen mit denselben Flächen zu heben (= gleichzeitiger Fehlerhebung), von der Möglichkeit, für die Öffnungsabweichung besondere Flächen zu verwenden (= gesonderter Fehlerhebung). In praktischem Gebrauch habe bisher allein die gleichzeitige Fehlerhebung gestanden, doch führe sie auf den namentlich bei Mikroskopobjektiven sehr großer Öffnung ungemein störenden Farbenunterschied der Öffnungsabweichung. Man sehe dafür S. 62  $\omega$  ein. Diesen Fehler habe man bisher nur beim Fernrohr zu heben versucht, wo zwar K. Fr. Gauß eine Anlage vorgeschlagen hätte, die sich aber durchaus nicht auf das Mikroskopobjektiv übertragen lasse. Dagegen habe Abbe mit seinen Polyopobjektiven von 1873 und 1876 (s. S. 39  $\omega$  und S. 89  $\omega$ ) den Fehler bekämpft und ihn zum ersten Male in Trocken- und in Wasserlinsen von hoher Öffnungszahl im wesentlichen gehoben. Man kann aber die hier gewonnenen Erfahrungen nicht in die Tat umsetzen, weil es Glasarten mit solchen Eigenschaften nicht gibt, wie sie den dazu verwandten flüssigen Mitteln zukommen.

In der Zwischenzeit hat Abbe aber eine 1871 begonnene theoretische Behandlung weitergeführt und gezeigt, daß man auch mit der gleichzeitigen Fehlerhebung den Farbenunterschied des Öffnungsfehlers vernichten kann. Seine Schilderung des zugrunde liegenden Gedankens soll mit seinen eigenen Worten <sup>1</sup>203  $\omega$  = <sup>24</sup>46  $\varepsilon$  und Abb. 26 wiedergegeben werden:

„MN ist ein Objektiv, O und O\* die beiden konjugierten Orte von Objekt und Bild; M (im Diagramm der Einfachheit wegen als einzelne Linse dargestellt) das sphärisch und chromatisch erheblich unterkorri-

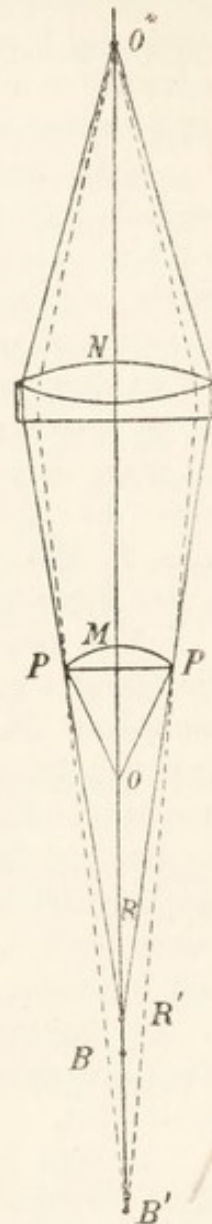


Abb. 26. Abbes  
Übersichtszeich-  
nung für seinen  
Teil-Apochromat  
vom Juni 1879.  
<sup>1</sup>204 = <sup>24</sup>46.

gierte Vorderglied des Systems; dann N das Hinterglied, überkorrigiert in bezug auf beide Abweichungen, und zwar gerade genügend, um beide Aberrationen des Vordergliedes auszugleichen. N befinde sich in einem verhältnismäßig beträchtlichen Abstände von M. Die ausgezogenen Linien der Figur geben den Weg eines schiefen roten Strahls an, die gestrichelten den Weg des entsprechenden blauen Strahls, die sich beide auf denselben einfallenden Strahl OP zurückführen lassen.

Setzt man die chromatische Korrektur des ganzen Systems in der Achse als vollkommen voraus, so werden von O ausgehende rote und blaue Strahlen geringer Schiefe die Achse in demselben Punkte O\* treffen; und nimmt man weiterhin das System als sphärisch für rot korrigiert an, so werden die roten schiefen Strahlen in demselben Punkte O\* vereinigt werden. Diese beiden Bedingungen können offenbar in jedem System erfüllt werden; aber dann würde im gewöhnlichen Falle der blaue Strahl endlicher Neigung die Achse nicht in O\*, sondern infolge der sphärischen Überkorrektur der brechbareren Strahlen (s. S. 61 Abb. 7 und 8), in einem entfernteren Punkte schneiden (der in der Figur nicht angegeben ist).

Man beachte nun die Wirkung des unterkorrigierten vorderen Systemteiles und das Ergebnis, das auf den zwischen N und M angenommenen Abstand zurückzuführen ist. Infolge der chromatischen Unterkorrektur wird das von O ausgehende axiale Büschel nach seinem Durchgange durch M zwei verschiedene virtuelle Schnittpunkte R und B für Rot und Blau haben; und infolge der sphärischen Unterkorrektur des Vorderglases werden die schiefen Büschel OP nach ihrem Durchgange durch das System zwei andere virtuelle Vereinigungspunkte R' und B' ergeben, die von O und voneinander weiter abstehen als R und B. Die Strecken RR' und BB' werden den linearen Betrag der sphärischen Aberration für die äußersten Farben angeben, den das Vorderglied M einführt.

Infolge der Lage dieser vier Punkte wird das von M ausgehende blaue Strahlenbüschel eine geringere Divergenz aufweisen als das rote, und der Querschnitt dieses Büschels wird im Verhältnis zu dem des andern von M nach N hin mehr und mehr abnehmen. Wenn nun die beiden Büschel die konkave Fläche der korrigierenden Flintlinse im Hintergliede N erreichen, so wird jeder blaue Strahl diese Fläche in einem geringeren Achsenabstände treffen als der entsprechende rote Strahl, und daher auch unter einem kleineren Inzidenzwinkel; dieser Unterschied wächst mit wachsendem Abstände zwischen M und N. Infolge dieses Unterschiedes wird die negative, auf die Hohlfläche zurückführende sphärische Aberration im blauen Büschel einen geringeren Betrag erhalten als im roten, und ihre Wirkung auf die blauen Strahlen wird der einer Fläche geringerer Krümmung einigermaßen

ähnlich sein; auf diese Weise kann also der Zuwachs von negativer sphärischer Aberration für Blau, der eben bei dieser Brechung auf die größere Differenz der Brechungsexponenten von Flint und Kron zurückzuführen ist, genau ausgeglichen werden. Das ganze Büschel der blauen Strahlen wird alsdann an demselben Punkte  $O^*$  zusammentreffen, an dem die roten Strahlen vereinigt werden.'

Die Farbenverschiedenheit der Vergrößerung in  $O^*$ , die aus der Winkelverschiedenheit der blauen und roten Öffnungswinkel in  $O^*$  hervorgeht, könne man durch Zusatzlinsen zum Okular heben, und für die Erfüllung der Sinusbedingung lasse sich die Zusammensetzung des Objektivs aus zwei deutlich getrennten Teilen vorteilhaft verwerten.

In dem vorliegenden Stück mit 3 mm Brennweite und 1.40 Öffnungszahl (von ungewöhnlicher Größe s. S. 110  $\alpha$ ) sei der Rechnung nach der Öffnungsfehler für die beiden Farben D und F gehoben, und die sorgfältige Prüfung der Linse zeige tatsächlich die Erfüllung der bei der Rechnung gestellten Forderungen.

Als Stippflüssigkeit diene am besten eine Lösung von Kadmiumchlorid oder von sulfokarbolsaurem Zink in starkem Glyzerin, die sich auf die richtige Brechzahl bringen lasse.

Aus dem Gelingen dieses Versuchs ergäben sich die folgenden Tatsachen:

1. Der Farbenunterschied der Öffnungsabweichung könne mittels der altbekannten Hilfsmittel beseitigt werden.
2. Durch die Hebung dieses Fehlers werde die optische Leistung in nützlicher Weise auch dann erhöht, wenn die Restfarben (sekundäres Spektrum) nicht beseitigt würden.
3. Die Paßöllinsen gestatten, die Öffnungszahl bis fast an die äußerste Grenze zu bringen, die durch die optischen Eigenschaften der bis jetzt für mikroskopische Präparate benutzten Mittel gesteckt sei.

Wirklich eingeführt wurden aber derartige Objektive — vorläufig noch unbekanntem Baus — nicht. Ich habe in Übereinstimmung mit H. Boegehold (<sup>27</sup> 272<sup>1</sup>) die Vermutung geäußert, daß die Fortschritte mit den neuen Glasarten vielleicht den Aufbau einer ganzen Reihe von Teil-Apochromaten gehindert haben. Wir sind aber heute der Ansicht nicht mehr in vollem Maße, denn (siehe <sup>1</sup> 452  $\beta$ ) es scheint, als ob bei der endgültigen Durcharbeitung diese Anlage schwerwiegende Nachteile <sup>9</sup> gezeigt habe.

Dieses in Abbes wissenschaftlichem Leben ungemein fruchtbare Jahr sollte aber nicht vorübergehen, ohne noch



eine wichtige Äußerung zu der Sinusbedingung und ihrer Bedeutung in optischen Folgen mit ganz großem Öffnungswinkel zu bringen. Am 28. November 1879 trug er wieder vor der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft <sup>1</sup> 213 über die Bedingungen des Aplanatismus der Linsensysteme vor.

Schon auf S. 34 (a) wurde die große Bedeutung des vorliegenden Aufsatzes für ein richtiges Verständnis von Abbes Rechnungen in der auf den Februar 1869 folgenden Zeitspanne hervorgehoben, und jetzt soll der Inhalt in seinen Hauptzügen angegeben werden.

Nach der Kennzeichnung seines Weges zu der gleichmäßigen Vergrößerung eines achsensenkrechten Flächenstückchens spricht er <sup>1</sup> 216  $\beta$  seine Definition des Aplanatismus aus: „Aplanatische Punkte eines „Linsensystems sind konjugierte Punkte der Achse, in welchen die „sphärische Aberration eines Strahlenkegels von endlichem Öffnungswinkel gehoben und zugleich Proportionalität der Sinus der Neigungswinkel konjugierter Strahlen herbeigeführt ist.“

Der theoretischen Darlegung der besonderen Wichtigkeit dieser Bedingung fügt er von <sup>1</sup> 220  $\psi$  ab die Beschreibung eines einleuchtenden Versuches an, den man jederzeit leicht wiederholen kann.

Wenn man die auf der Achse liegenden Pupillenmitten einer Linsenfolge frei von Öffnungsabweichung voraussetzt, so ergibt sich ohne weiteres für die Gesichtsfeldwinkel  $\sigma$  und  $\sigma'$  in den Pupillen der Ausdruck

$$\frac{\text{tg } \sigma'}{\text{tg } \sigma} = \text{const.}$$

als Bedingung dafür, daß eine achsensenkrechte Ebene — etwa ein rechtwinkliges Gitter — im Dingraum in ein zugeordnetes rechtwinkliges Gitter ohne Verzeichnung im Bildraume wiedergegeben werde. Man bezeichnet diese Bedingung als die Airysche Tangentenbedingung (s. S. 181  $\gamma$ ) und nennt P und P' mit Abbe ein orthoskopisches Punktepaar.

In dem Versuch will Abbe deutlich vor Augen führen, daß sein Paar aplanatischer Punkte mit

$$\frac{\sin \zeta'}{\sin \zeta} = \text{const.}$$

auf eine bestimmte Verzeichnung führen müsse; denn wenn man mit O und O\* als Blendenmitten ein ebenes Kreuzgitter im Bildraum zu erhalten wünsche, so müßte die Zeichnung im Dingraum ganz verschieden von einem ebenen Kreuzgitter abweichen.

Die mathematische Untersuchung führt (<sup>1</sup>222  $\beta$  und ff) in der dingseitigen Zeichnung auf zwei Scharen von Hyperbeln mit gemeinsamen Mittelpunkten, für die alle Rechnungsgrößen angegeben werden. Stellt man eine solche Zeichnung in dem richtigen Achsenabstand von O senkrecht zur Achse der Folge auf, so ergibt sich nach <sup>1</sup>223  $\alpha$  der folgende Zustand: . . ., Die krummlinig begrenzten, nach außen hin immer weiter „sich ausdehnenden und immer stärker deformierenden Felder der Objekt-„figur stellen sich demnach im Bilde sämtlich als kongruente quadratische „Felder dar; die Kreuzung der Hyperbeln, die nach außen hin unter „immer spitzer und stumpfer werdenden Winkeln erfolgt, wird allent- „halben als eine rechtwinklige Kreuzung wiedergegeben; und auch die „entfernteren Kurven beider Hyperbelsysteme, deren Äste in der Figur „überhaupt keinen Durchschnitt ergeben, vielmehr sichtlich divergent

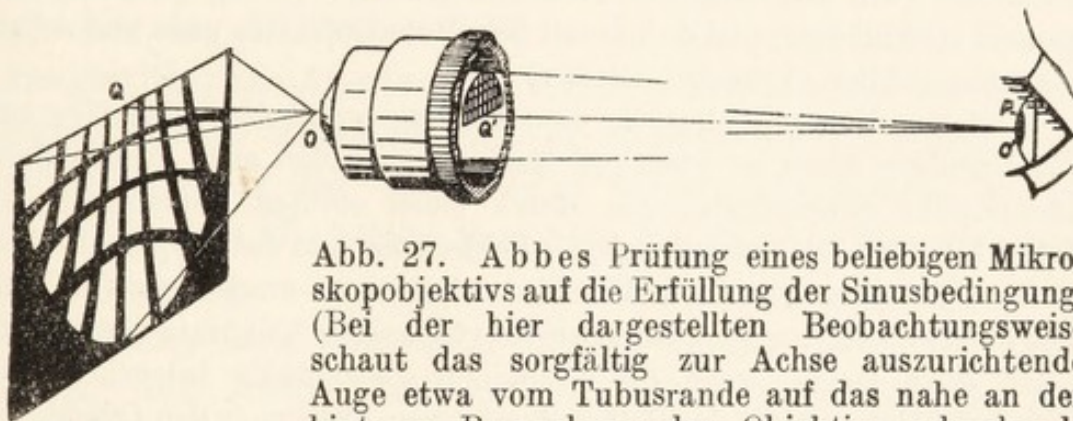


Abb. 27. Abbes Prüfung eines beliebigen Mikroskopobjektivs auf die Erfüllung der Sinusbedingung. (Bei der hier dargestellten Beobachtungsweise schaut das sorgfältig zur Achse auszurichtende Auge etwa vom Tubusrande auf das nahe an der hinteren Brennebene des Objektivs schwebende Kreuzgitter-Bild.) Unter Benutzung von <sup>12</sup>346/47 auf die dankenswerte Anordnung C. Bücheles hin neu gezeichnet, wobei die Öffnungszahl des Objektivs mit  $\text{'A} = 0.8$  angesetzt wurde.

„verlaufen (z. B. die beiden für  $u = 0.8$ ), erscheinen im Bild unter „rechtwinkliger Kreuzung, ihr Durchschnittspunkt aber freilich — ent- „sprechend dem mathematisch imaginären — in einem Abstand von „der Mitte des Bildes, zu welchem kein vom Luftraum ausgehender „Lichtstrahl mehr gelangen kann (außerhalb desjenigen Kreises in der „Bildfläche, welcher der Grenze eines Strahlenkegels von 180 Graden „im Luftraum entspricht).“

Um nun solch ein Bild Abb. 27 zu erhalten, wird die Hyperbelzeichnung ausgerichtet auf den Tisch des Mikroskops gelegt und ein Mikroskopobjektiv für Luft etwas in die Höhe gestellt. Man kann dann sowohl mit dem sorgfältig in die Objektivachse gebrachten Auge ohne Okular das in der Luft schwebende Gitter beobachten, oder was zu empfehlen ist, ein Hilfsmikroskop als ein terrestrisches Okular hinter dem als Fernrohrobjektiv wirksamen Mikroskopobjektiv benutzen. Es sind dieselben beiden Möglichkeiten, die schon auf S. 104  $\omega$  bei der Erläuterung

des Apertometers behandelt wurden. Natürlich muß in dem zweiten Falle darauf geachtet werden, daß die Mitte einer Blende in dem beschriebenen terrestrischen Okular dem Punkte O als Bild für die zwischen ihm und ihr liegenden Linsen entspricht.

Mit einer solchen Vorkehrung lassen sich nun Mikroskopobjektive verschiedenster Herkunft auf die Erfüllung der vorher unbekanntenen Sinusbedingung prüfen, was Abbe in zahlreichen Proben auch durchgeführt hat. Dabei ergab sich ganz allgemein die bis auf ganz unbedeutende Abweichungen durchgeführte Erfüllung der Sinusbedingung, die bewußterweise nur in Jena zugrunde gelegt<sup>1)</sup> worden war. Die so festgestellte Erfüllung bei fremden Objektiven, mögen sie nun in Amerika, Deutschland, England oder Frankreich hergestellt worden sein, läßt den gesicherten Schluß zu, daß die ohne diese Erfüllung auftretenden Bildfehler (von den Optikern fälschlich Bildfeldwölbung genannt) ungemein störend sind, und daß damit behaftete Objektive ganz von selbst als unbrauchbar verworfen werden.

Neben dieser Eignung für eine Prüfung erprobelter Objektive auf die Erfüllung dieser so wichtigen Bedingung werden auch noch andere theoretische Schlußfolgerungen durch einen solchen Versuch augenfällig <sup>1</sup> 225  $\omega$ . Die sehr ungleichen Felder zwischen den Hyperbelteilen, deren Flächeninhalt nach außen hin auf ein sehr merkliches Vielfache der inneren steigt, werden sämtlich als gleichgroße Quadrate abgebildet, „und diese lassen, wenn die Probefigur gleichmäßig beleuchtet ist, „keinerlei Unterschiede der Helligkeit erkennen, obschon in den Quadraten „am Rand die Strahlenmenge zusammengedrängt ist, welche von einer „vielfach größeren leuchtenden Fläche, als den mittleren Quadraten „entspricht, angesammelt wird. Dieses Faktum macht augenfällig die „große Ungleichwertigkeit unter den verschiedenen Teilen des den „Öffnungswinkel eines Objektivs bildenden Kegelraums, in bezug auf „ihren Anteil an der Lichtmenge, die dem System zugeführt wird. Es „wird dadurch handgreiflich, daß die peripherischen Teile des Öffnungs- „kegels im Verhältnis zu den zentralen Teilen sehr viel weniger Licht- „strahlen in das Objektiv führen, als ihrem angularen Maße entspricht, „und daß demnach der Öffnungswinkel kein richtiger Ausdruck für „die wirkliche Öffnung — nämlich für die Fähigkeit des optischen Systems „zur Lichtaufnahme — sein kann. Diese Erwägung, in naheliegender „Weise weiterverfolgt, führt auf empirischem Wege zu demselben Schluß, „den auch die Theorie aufstellt: das rationelle Maß für die Öffnung „eines optischen Systems, das einzige, aus welchem sich irgendetwas „über die Wirkungsweise entnehmen läßt, ist die „numerische Apertur“.

1) Abbe bestätigt hier die schon 1878 (s. S. 100  $\beta$ ) ausgesprochene Anerkennung der prüfenden Optiker. v. R.

„nämlich der Sinus des halben Öffnungswinkels, soweit es sich nur um „Abbildungen vom Luftraum aus handelt —, und das Produkt aus „diesem Sinus mit dem Brechungsindex des Mediums, auf welches der „Winkel Bezug hat, wenn der allgemeinere Fall mitbegriffen sein soll.“

Die Arbeiten im nächsten Jahre, 1880, erschienen schon merklich beeinflußt von Abbes Bemühungen um die Verbreitung richtiger Ansichten in England, soweit sie sich auf seine Theorie der Abbildung im Mikroskop beziehen. Sie wurden einem weiteren Leserkreise zuerst durch Fr. Crisp vermittelt, und es ist zu hoffen, daß in naher Zukunft auch diese, nicht unter Abbes Namen veröffentlichten Darlegungen leicht zugänglich sein werden.

Die am 14. Januar 1880 in London verlesenen Bemerkungen über das Apertometer beziehen sich nur auf die Widerlegung einiger Einwände, die in englisch geschriebenen Zeitschriften gegen das Apertometer vorgebracht worden waren. Sie behandeln alle solche Versehen, die von den Beanstandern selber begangen wurden, weil sie die Bedeutung der Strahlenbegrenzung nicht vollständig erkannt hatten. Es ist hervorzuheben, daß Abbe allen diesen unhaltbaren Einwänden mit großer Nachsicht entgegentrat.

Eine grundsätzliche Neuerung wird mit dieser Widerlegung aber nicht vorgebracht, und daher mag es bei diesem kurzen Hinweise sein Bewenden haben.

Anders verhält es sich dagegen mit seiner Beschreibung eines neuen stereoskopischen Okulars, die noch 1880 in der damals von E. Kaiser herausgegebenen Zeitschrift für Mikroskopie erschien.

Das Zusatzgerät war auf eine von E. Selenka ausgegangenen Anregung hin entstanden. Abben lag daran, eine Vorrichtung zu schaffen, die an dem kurzen festländischen Tubus auch bei den stärksten Vergrößerungen für eine beidäugige Beobachtung geeignet sei. Zu diesem Zwecke spaltete er die Strahlenbündel nicht in möglichster Nähe der Austrittspupille des Objektivs, sondern er zerlegte (wie es ohne sein Wissen F. H. Wenham bereits 1866 S. 92  $\phi$  getan hatte) durch die Einführung einer dünnen Luftschicht jeden einzelnen Strahl in einen stärkeren durchgelassenen und einen schwächeren gespiegelten Teil, die gesondert je einem der beiden Beobachteraugen zugeführt wurden. Da die beiden —

abgesehen von der Helligkeit — völlig gleichen Zwischenbilder in verschiedene Entfernungen von den Endflächen der beiden Prismen *a* und *b* fielen, so berechnete er zwei Okulare — eines ein Huygensisches und eines einem Ramsdenschen nahestehend — von verschiedenem Bau, aber gleicher Brennweite, die so beschaffen waren, daß bei richtiger Einstellung des Bildes die beiden Austrittspupillen etwa gleich weit, nämlich um etwa 25 cm, von dem Schnittpunkt der beiden Okularachsen entfernt waren. Beobachtete man ohne weitere Vorkehrungen mit beiden Okularen, so wirkte auf jedes der beiden Augen das gleiche Bild, und der Beobachter erhielt keinen räumlichen Eindruck, da es sich hier nur um eine zweiäugige Beobachtung handelte. Die Tiefenwahrnehmung wurde durch das Aufsetzen von zwei Okulardeckeln [oder nur einem],

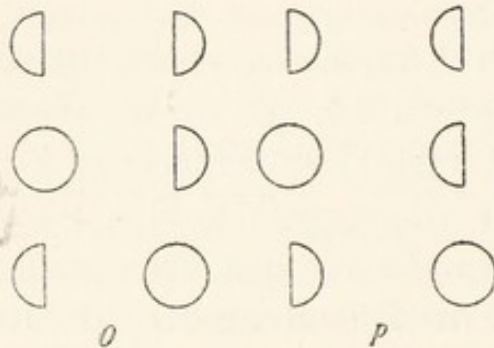


Abb. 28. Die sechs Abbeschen Fälle; drei für die tiefenrichtige (orthomorphe = *O*) und drei für die tiefenverkehrte (pseudomorphe = *P*) Wirkung. Nach meinen binokul. Instr. von 1920 S. 167.

womit zwei Halbkreise der Austrittspupillen [oder nur ein Halbkreis der einen Austrittspupille] abgeblendet wurden, ihrem Wesen nach bestimmt. Abbe gab eine sehr einfache, für alle stereoskopischen Mikroskope mit gemeinsamem Objektiv zutreffende Regel an, um sofort zu erkennen, ob man dadurch tiefenrichtige oder tiefenverkehrte Verschmelzungsbilder erhielte, mit andern Worten, ob die Wirkung ortho- oder pseudoskopisch ausfalle. Waren zwei Halbkreise vorhanden, so mußten sich die ge-

meinsamen Durchmesser in der Mitte befinden, wenn ein tiefenrichtiger Eindruck zustande kommen sollte, und an den Außenseiten, wenn ein tiefenverkehrter. War ein Voll- und ein Halbkreis vorhanden, so mußte der Halbkreis seine geradlinige Begrenzung nach der Mitte kehren, wenn der Eindruck ein tiefenrichtiger sein sollte, und nach außen, wenn ein tiefenverkehrter (Abb. 28). Als Beweis gab er eine sehr einfache Überlegung. Läßt man zunächst die Spaltung hinter dem Objektiv außer acht, so liefert das ganze Mikroskop ein Raumbild, das im Endlichen vor dem beobachtenden Auge liegen möge. Infolgedessen wird es betrachtet werden wie ein natürlicher Gegenstand, d. h. wenn das Auge durch die rechte Hälfte der Austrittspupille in der Richtung etwa auf den eingestellten Punkt schaut, so werden nähere Punkte in bezug auf diesen eingestellten nach links, fernere nach rechts verschoben erscheinen. Schaut das Auge durch die linke Hälfte der Pupille, so ergeben sich die umgekehrten Verschiebungen. Wird aber das Raumbild

tiefenrichtig aufgefaßt, so bekommt man auch die richtige Tiefenauffassung vom Rauming, da die durch optische Vorkehrungen vermittelte Abbildung stets rechtläufig ist, oder anders ausgedrückt, da sich bei der Abbildung die Tiefenfolge der Bildpunkte nicht ändert. Wurden nun in Abbes stereoskopischem Okular mit Hilfe der sowohl spiegelnden als auch durchlassenden Luftschicht die beiden Austrittspupillen so weit getrennt, daß man beide Augen gleichzeitig ihnen nähern konnte, so mußte, wenn man beide Pupillen abblenden wollte, dafür Sorge getragen werden, daß das linke Auge durch die linke, das rechte Auge durch die rechte Pupillenhälfte blickte. Auch die Abdeckung einer einzelnen Pupille genügte, um eine, zwar nicht so sehr hervortretende, aber immer noch genügend deutliche Tiefenwahrnehmung zu erzielen. Die dazu nötige Lage der Abblendung ergibt sich aus der obigen Bemerkung, daß der Durchmesser der Hälfte der Austrittspupille nach der Mitte zu liegen müsse, wenn man eine tiefenrichtige Anordnung des Raumbildes erzielen wollte.

Sobald schwächere Mikroskopobjektive auf Raumdinge von merklicher Tiefe angewandt wurden, ergab diese Regelung des Strahlenganges befriedigende Wirkungen, dagegen war sie bei starken Objektiven mit ihrem ungemein beschränkten Tiefenraum nicht immer ausreichend. Denn in solchen Fällen ist man, um die Abbildungstiefe nicht allzu sehr hinabzudrücken, bei gerader Beleuchtung auf einen ziemlich engen Beleuchtungskegel angewiesen. Die Verschiedenheit der beiden Halbbilder ist daher für die beiden Hälften des Beleuchtungskegels nicht groß genug, um eine auffällige Tiefenwahrnehmung hervorzubringen. Abbe empfahl, in solchen Fällen zwei schiefe Beleuchtungskegel zu wählen, indem man zwei geeignete exzentrische Blenden in das Leuchtgerät einlegte. Darauf mußte jede einzelne Austrittspupille an dem beidäugigen Mikroskop so abgeblendet werden, daß nur das äußere der beiden Blendenbilder in das Auge gelangte. Man sieht leicht ein, daß diese Vorschrift wieder darauf hinaus läuft eine natürliche Stellung der beiden scheinbaren Augenorte zu erzielen.

Angehängt wird als Schlußabschnitt noch eine Behandlung des Sehraums beim Sehen durch das Mikroskop, namentlich die Folge der außerordentlichen Üervergrößerung der Tiefe, die bei starken Vergrößerungen auf eine ganz dünne Schicht deutlicher Wiedergabe beschränkt ist. Abbe drückt das  $^{1}269 \phi$  für das akkommodierende Auge sehr anschaulich mit den Worten aus: „Die der optischen Abbildung „inhärente Üervergrößerung der Tiefendimension bringt also ein mit „wachsender Vergrößerung immer ungünstiger werdendes Verhältnis „zwischen Tiefe und Breite des der Akkommodation zugänglichen Objekt- „raumes hervor; während dieser bei 10facher Vergrößerung ungefähr „die Verhältnisse eines ziemlich dicken Buches zeigt, gleicht er bei

„3000facher Vergrößerung nur noch dem einzelnen Blatt aus diesem „Buche.“

Und diese Einschränkung des Tiefenraums hat, obwohl sie eine unmittelbare stereoskopische Beobachtung bei starken Vergrößerungen verhindert, große Vorteile für die mittelbare Erkenntnis räumlicher Verhältnisse. <sup>1</sup>272 . . . „Wenn mit wachsender Vergrößerung die „Tiefenperspektive des Mikroskops mehr und mehr sich verflacht, so „heben sich andererseits die Bilder verschiedener Niveaus genau in „demselben Maße vollständiger voneinander ab, und werden im gleichen „Maße reiner und deutlicher. Unter zunehmender Bildvergrößerung „gewinnt nun das Mikroskop mehr und mehr die Bedeutung eines opti- „schen Mikrotoms, welches dem Auge des Beobachters Querschnitte „durch die Objekte vorführt von einer Feinheit und Schärfe, wie sie „kein Instrument auf mechanischem Wege zu erzeugen vermöchte. „Die Übertreibung der Tiefe ist aber die eigentliche Wurzel dieser „Leistung des Mikroskops, die den Beobachter befähigt. durch sukzessives „Einstellen auf eine Folge übereinanderliegender Niveaus die räumliche „Gliederung der kleinsten Naturgebilde mit derselben Sicherheit zu „konstruieren, mit welcher das Sehen mit freiem Auge die körper- „lichen Formen makroskopischer Gegenstände zu erfassen gewohnt „ist. — Es kann nicht einen Augenblick zweifelhaft sein, daß dieser „positive Gewinn aus der eigentümlichen Wirkungsart optischer Systeme „dem allgemeinen wissenschaftlichen Gebrauch des Mikroskops in viel „höherem Grade zustatten kommt, als von einer erweiterten Anwendung „der stereoskopischen Beobachtung je erwartet werden dürfte.“

Es leuchtet ein, daß die im vorstehenden beschriebene Behandlung in theoretischer Hinsicht weit über dem stand, was so viele tüchtige Männer vor ihm geleistet hatten. Seine sinnvolle Aufdeckung des Grundes für die Tiefenrichtigkeit und -verkehrtheit bei allen beidäugigen Mikroskopen mit gemeinsamem Objektiv war ein Ergebnis, woran von seinen Vorgängern niemand auch nur zu denken<sup>1)</sup> gewagt hatte.

Ebenfalls noch dem Jahre 1880 gehört der Vortrag Über die Grenzen der geometrischen Optik an, den Abbe vor der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft am 23. Juli hielt. Den Anlaß dazu hatte ein Angriff R. Altmanns geliefert, eines jugendlichen Leipziger Privatdozenten, der in einem Aufsatz „Beiträge zur Theorie des Mikroskops

1) Im Hinblick auf F. H. Wenhams frühe Leistungen wolle man in meinen binok. Instrum. von 1920, S. 83  $\beta$  heranziehen. v. R.

und der mikroskopischen Wahrnehmung“ Abbes Darstellung vom Jahre 1873 (s. S. 68  $\beta$  ff) einigermaßen unüberlegt angegriffen hatte.

In seinem Vortrage beschäftigt sich Abbe vornehmlich mit der Widerlegung seines Gegners, dessen sozusagen leichtherziger Art seine gründliche und von Schärfe durchaus nicht freie Behandlung schlimm mitspielte. Den Lesern dieser Darstellung wird dieser Teil weniger von Bedeutung sein, denn man kann ihn wohl der Behandlung vergleichen, die etwa ein Gimpel unter Fängen und Schnabel eines aufgeregten Bussards erfährt, aber ihnen wird in hohem Maße die — übrigens einzige — Abänderung wichtig erscheinen, die Abbe jetzt als Berichtigung seiner früheren Ausführungen vornahm; sie soll mit seinen eigenen Worten <sup>1</sup> 289  $\gamma$ /290 mitgeteilt werden:

„Der hier entwickelte theoretische Gesichtspunkt, der meinen „Betrachtungen ursprünglich zur Richtschnur diente, erklärt die in den „„Beiträgen“ noch festgehaltene Annahme einer direkten Abbildung „größerer Objekte beim mikroskopischen Sehen und die hiernach bemessene Unterscheidung von „Absorptionsbild“ und „Strukturbild“. „Auf jenes theoretische Argument hin ließ sich nämlich die Unmöglichkeit einer direkten Abbildung nur insoweit geltend machen, als eine „spezifische Funktion des gebeugten Lichtes nachzuweisen oder anzunehmen war. Infolge des Umstandes nun, daß alle meine früheren „Experimente mit Mikroskopobjektiven von nicht über 40 mm Brennweite angestellt wurden, konnte ich damals eine Abhängigkeit der „Bilder von der Diffraktionswirkung der Objekte für gröberes Detail „als etwa 0,1 mm nicht mehr mit Sicherheit konstatieren; und da ich „nicht mehr behaupten wollte, als sich durch Tatsachen belegen ließ, „so habe ich erst von dieser Grenze der Kleinheit an die indirekte Abbildung (durch Interferenz gebeugter Strahlen) positiv angenommen, „für alle gröberen Objekte aber, bei denen die geringe Winkelausbreitung „des gebeugten Lichts den einfallenden Lichtkegel nur unwesentlich „zu modifizieren schien, die direkte Abbildung (im Absorptionsbild) „wenigstens offen gelassen. — Inzwischen habe ich jedoch erkannt, daß „diese ganze Unterscheidung einerseits den Tatsachen gegenüber viel „zu kurz greift, andererseits auch theoretisch unhaltbar ist. Durch „spätere Versuche<sup>1)</sup> mit ausgiebigeren Hilfsmitteln habe ich mich überzeugen können, daß die spezifische Funktion des gebeugten Lichts „auch bei ganz groben Objekten in derselben Art fortbesteht wie bei „den feinsten; und die Weiterentwicklung meiner theoretischen Auffassungen hat mir gezeigt, daß der letzte Grund für die Unmöglich-

1) Diese Versuche fallen also in die Zeit nach 1872. v. R.



„keit einer direkten Abbildung beim Mikroskop gar nicht die Beugungs-  
 „wirkung der Präparate an sich ist, sondern in den allgemeinen Be-  
 „dingungen wurzelt, welche der Abbildung aller nicht-selbstleuchten-  
 „den Objekte gestellt sind. Auf meinem gegenwärtigen Standpunkt  
 „muß ich daher jene Unterscheidung zweier nebeneinander bestehender  
 „Modi der mikroskopischen Abbildung und überhaupt die Annahme  
 „irgendeiner direkten Abbildung außer im Falle selbstleuchtender  
 „Körper — ganz und gar preisgeben<sup>1)</sup>: auch Zaunspfähle werden nach  
 „denselben Modalitäten sekundär abgebildet wie Bakterien oder wie  
 „die feinsten Diatomeen-Streifungen — wie der II. Teil dieses Aufsatzes  
 „näher begründen wird.“

Von dem II. Teil dieser Mitteilung liegt bisher im Druck  
<sup>1</sup> 311  $\beta$  die von Abbe davon geschriebene Inhaltsangabe vor,  
 die ebenfalls wörtlich wiedergegeben sei.

„Der zweite Abschnitt der Mitteilung zeigt zunächst, daß nach den  
 „Grundsätzen der Undulationstheorie eine direkte (punktweise) Ab-  
 „bildung nur bei selbstleuchtenden Objekten stattfinden kann, und  
 „daß die mittelst durchfallenden oder reflektierten Lichts erzeugten  
 „Bilder nicht-leuchtender Objekte notwendig sekundären Ursprungs —  
 „nämlich Interferenzphänomene, welche die Diffraktionswirkung solcher  
 „Objekte in gesetzmäßiger Weise begleiten, — sein müssen. Es wird so-  
 „dann auf Grund gewisser allgemeiner Theoreme über die Diffraktion  
 „und über die Wirkungsbedingungen aplanatischer Systeme die Ent-  
 „stehung solcher sekundärer Bilder zurückgeführt auf das Diffraktions-  
 „Spektrum der Objekte, welches das abbildende System in der zur  
 „Lichtquelle konjugierten Ebene entwirft, und daraufhin werden  
 „die Gesetze für diese Klasse optischer Bilder allgemein festgestellt.  
 „Die Folgerungen, die sich hieraus für die Wirkungsweise des Mikroskops  
 „ergeben — die Abhängigkeit des mikroskopischen Bildes vom Öffnungs-  
 „winkel der Objektivs —, die Bedingungen, von denen es abhängt,  
 „ob diese Bilder den Objekten konform oder nicht konform sind — die  
 „Bedeutung des Bildes im letzteren Fall — u. a. m., werden hierauf  
 „speziell entwickelt. Endlich gibt die Mitteilung noch Bericht über die  
 „Experimente, welche der Verfasser zur Erprobung aller dieser Schluß-  
 „folgerungen angestellt hat; wobei unter anderem durch direkte Ver-  
 „suche bestätigt wird, daß bei der Abbildung von Objekten mit Hilfe  
 „durchfallender Strahlen kein von der Begrenzung der eintretenden  
 „Strahlenkegel abhängiger Beugungseffekt (Öffnungsbeugung) eintritt,  
 „daß solche Bilder alle für Interferenzphänomene charakteristischen

„1) Dieses ist übrigens der einzige Punkt, in welchem ich meine  
 „früheren Ausführungen jetzt zu berichtigen habe.“

„Merkmale zeigen und daß an ihnen Erscheinungen auftreten, welche bei der Abbildung glühender Objekte nicht hervorgebracht werden können.“

„Da die Ausführung für den Abdruck an dieser Stelle zu umfangreich ist, so erscheint das Ganze im Verlag der Sitzungsberichte als selbständige Schrift, auf welche demnach hier verwiesen wird.“

Man wird hieraus erkennen, daß Abbes wissenschaftliches Streben in der Zeit nach unbezweifelbaren Triumphen seiner Rechenkunst, genauer nach der Berechnung der Paßöllinsen mit  $'A = 1.25$  und (s. S. 110  $\alpha$ ) nahe an 1.40 auch weiterhin der Begründung seiner Theorie der Bilderzeugung im Mikroskop zugewandt blieb. Schon S. Czapski hat <sup>11</sup> 9  $\alpha$  darauf hingewiesen, daß er solch eine zusammenfassende Abhandlung selber nicht mehr verfaßt, aber wichtige Sätze davon dem Gießener Theoretiker L. Dippel (für <sup>12</sup>, die II. Ausgabe seines bekannten Buches) überlassen hat.

Er selber wandte sich in der nun folgenden Zeit in gemeinsamer Arbeit mit O. Schott der Erschmelzung neuer Glasarten zu und behandelte daneben für seine englischen Freunde wichtige Einzelteile seiner Theorie der Bilderzeugung im Mikroskop.

Vergegenwärtigt man sich das Maß geistiger Arbeit, das Abbe seit dem Beginn (s. S. 88  $\beta$ ) des zuletzt geschilderten Abschnittes hatte leisten können, so wird man ihm seine Bewunderung nicht vorenthalten, ja man wird sich fragen, ob er nicht zu hohe Anforderungen an seine Arbeitskraft gestellt und seine Nerven übermäßig beansprucht habe.

Anzeichen dafür fehlen nicht ganz. Die Gereiztheit, mit der er R. Altmanns Angriff zurückwies, läßt sich wohl so deuten, und sein körperlicher Zusammenbruch im Winter von 1885/86 wird auch auf eine Überarbeitung zurückgeführt werden müssen. Betrachtet man das ausgezeichnete Lichtbild vor der Titelseite, so wird sich aus dem im 53. Lebensjahre ergrauten Haupt- und Barthaar sowie aus den Stirnfalten der Schluß auf eine Überlastung rechtfertigen lassen.

Gewiß werden die Leistungen anderer bedeutender Gelehrter hinter der von Abbe bewältigten Arbeitsmenge nicht

notwendig zurückzubleiben brauchen, aber ein gerechter Richter wird hervorheben müssen, daß für Abbe, der vor dem Jahre 1884 über keinen wissenschaftlichen Helfer von geistiger Regsamkeit verfügte, zu der offen daliegenden gelehrten Arbeit noch die Fragen und die Wünsche hinzukamen, die ein unter seiner wissenschaftlichen Leitung rasch zum Großbetriebe heranwachsender Betrieb sozusagen täglich und stündlich hilfeheischend an ihn heranbrachte. Auch sein Riesengeist hätte all das nicht leisten können, wenn er sich nicht vom geselligen Verkehr — soweit er über wissenschaftliche Zusammenkünfte hinausging — freigehalten hätte.

**Die Vorbereitung auf die Gründung des Glaswerks**  
(vom Januar 1881 bis zur Herausgabe der ersten Preisliste vom Juli 1886).

In dem ersten Teilbande der von Abbe stammenden unveröffentlichten Schriften wissenschaftlich technischen Inhalts vom Januar 1928 ist auf S. V—XI Rechenschaft über die Ende 1927 erfolgte Auffindung der zum größten Teile vorher nicht veröffentlichten Schriftstücke gegeben worden: sie stammen aus der Aktensammlung des preußischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung und enthalten die von Jena aus eingereichten Schriften in den Urstücken. Diese Akten wurden Seite für Seite hier aufgenommen und (s. <sup>4</sup> X 6) nach den auch für die Acta Borussica geltenden „äußeren Grundsätzen“ mit Billigung der Geschäftsleitung veröffentlicht. Man befindet sich also bei der Benutzung dieses Bandes auf ganz sicherem Boden und kann die gleichzeitigen, von Abbe und Schott unterschriebenen Darstellungen, wo erwünscht, wörtlich anführen, was hier auch geschehen soll.

Da E. Abbe alle diese Berichte selber entworfen hat, so findet man darin keinerlei Anerkennung des eigenen Wirkens, während er O. Schotts Erfolge mehrfach lebhaft hervorgehoben hat. Dieser Umstand sollte beachtet werden, denn es erschien dem Herausgeber als Pflicht, den Eindruck dieser Schriftstücke unverändert zu lassen. Abbes Wesen spricht

sich aber deutlich in seiner unbeschränkten Hingabe an die von ihm selber gestellten Aufgaben aus, den teilnehmenden Leser im Innersten ergreifend.

Hier sind für uns im wesentlichen zwei Schriftstücke notwendig, und es sei zunächst der vorläufige Bericht vom 30. März 1882 in den wesentlichsten Teilen angeführt. Da der obengenannte Band leicht zugänglich ist, so kann der Leser jederzeit den ausführlichen Wortlaut zum Vergleich heranziehen.

## I. Der augenblickliche Stand der Schmelzkunst (S. 1—6).

Die Unvollkommenheit des Werkstoffs, des optischen Glases, in seinen wesentlichen optischen Eigenschaften setzt nach mehreren Richtungen der Verwirklichung von Fortschritten heute unübersteigliche Schranken. Man muß aber annehmen, daß in Zukunft diese Beschränkung fallen werde, wenn man ernsthafte Versuche mache, sie zu beseitigen. Leider hat sich die Herstellung optischen Glases seit Fraunhofers Tode ganz von der rechnenden optischen Technik getrennt, und augenblicklich würde auch die Schmelztechnik zur Lösung der hier vorliegenden Aufgaben — selbst ihre Bereitwilligkeit vorausgesetzt — nicht beitragen können, weil ihr jede Einsicht darin fehlt, welche Einflüsse auf Brechung und Zerstreuung die Einführung neuer Bestandteile in die Glasflüsse nach sich zöge. Auch einige in England gemachte wissenschaftliche Versuche, der Verbesserung des optischen Glases zu Hilfe zu kommen, haben an dieser Sachlage nichts ändern können. Da man nun annehmen muß, daß eine wissenschaftliche Behandlung jene Schranken ganz beseitigen oder doch vermindern müsse, so kann man leicht angeben, was der feineren optischen Technik <sup>46</sup> ω not tue: „Eine methodische Erforschung „der spezifischen optischen Charaktere der verschiedenen „Elemente, welche Bestandteile von Glasflüssen sein können, „muß die Richtschnur schaffen für eine planmäßige Zusammen- „setzung solcher Glasflüsse, bei denen Maß und Charakter

„der optischen Merkmale (Lichtbrechung und Farbenzerstreuung) innerhalb erträglicher Grenzen dem jeweiligen Zweck möglichst vollkommen angepaßt werden können. „Endlich muß eine gesicherte Wechselwirkung zwischen der „praktischen Optik und der Glasfabrikation angebahnt werden, „damit die Bestrebungen der letzteren auf die Dauer Föhlung „behalten mit den Bedürfnissen der ersteren.“

## II. Die wissenschaftliche Vorarbeit in Witten und in Jena (S. 7—20).

Wenn auch einer der beiden Unterzeichner, E. Abbe, schon länger mit den im 1. Abschnitt geschilderten Mißständen vertraut gewesen sei, so habe er doch die Meinung gehabt, daß ein Eingreifen des einzelnen jetzt kaum möglich sei, weil verschiedene wissenschaftliche Kräfte nachhaltig zusammenwirken müßten, ohne daß man über genügende technische Hilfsmittel und praktische Erfahrung verfüge.

Das habe sich nun geändert, seitdem ein anderer mit der Chemie und praktisch mit der Glasfabrikation vertrauter Gelehrter, O. Schott, gleichfalls an dem Gegenstande Anteil nehme. Beide hätten beschlossen, die rein wissenschaftliche Vorarbeit in Angriff zu nehmen und

1. zu ermitteln, welche chemischen Elemente und in welchen Verbindungen überhaupt imstande sind, amorph zu erstarren und annähernd farblose Schmelzflüsse zu liefern,

2. die mittlere Brechung und den Gang der Teilzerstreuungen möglichst genau festzustellen,

3. zu untersuchen, in welcher Weise die optischen Merkmale eines beliebig zusammengesetzten Glasflusses durch die entsprechenden Merkmale seiner Bestandteile und deren Mengenverhältnis bestimmt sind, zunächst freilich nach kleinen Probeschmelzungen.

Dieses Programm sei nun seit dem Januar 1881 verwirklicht worden; O. Schott habe mit kleinen Gasschmelzöfen kleinere Stücke erschmelzt, die in der Jenaer Werkstätte zu Prismen verarbeitet und von Abbe und P. Riedel spektro-

metrisch untersucht worden seien. Als wertvolle allgemeine Ergebnisse ließen sich die folgenden Punkte hervorheben:

Erstens sei es O. Schotts Bemühungen gelungen, mit der Zeit auch kleine Schmelzmassen homogen herzustellen: die ersten Prismen ließen höchstens angenähert die mittlere Brechung und die mittlere Zerstreuung bestimmen, während Ende März 1882 schon über 100 verschiedene Schmelzproben — in 50—200 g Masse erschmolzt — eine genaue Bestimmung der Brechzahlen an 4 oder 5 Punkten des Spektrums gestatteten.

Zweitens habe O. Schott festgestellt, daß eine unerwartet große Anzahl von Stoffen mit geeigneten Mitteln in amorphe durchsichtige Schmelzflüsse eingeführt werden könnten. Etwa 30 verschiedene chemische Verbindungen hätten etwa 100 verschiedene Glasflüsse ergeben, und man sei damit vielleicht noch nicht am Ende.

Drittens sei der Nachweis gelungen, daß unter Benutzung von Elementen, die bisher nicht planmäßig in die Schmelzen eingeführt worden seien, Glasflüsse mit wesentlich anderer Brechung und Zerstreuung erzielt werden können, die verschiedene Wünsche der Rechenmeister erfüllen würden, wenn es gelänge, solchen Flüssen auch andere praktisch wichtige Eigenschaften, wie Härte und Unveränderlichkeit, zu erteilen.

Daher sei man unter Zurückstellung des in 3) aufgeführten Zielpunktes dazu übergegangen, praktisch verwendbare Glasflüsse mit neuen Eigenschaften zu erzielen. Da sich dabei herausgestellt habe, daß dazu ein größerer Gasschmelzofen notwendig sei, so habe O. Schott von etwa Mitte Januar 1882 ab seine Tätigkeit zu Jena in dem [Abbeschen Privat-] Laboratorium ausgeübt, wo er Schmelzungen von einigen Kilo unter günstigen Bedingungen ausführen könne.

Die Untersuchungen bezögen sich auf bestimmte Bedürfnisse der praktischen Optik, nämlich:

Erstens [auf die Fraunhofersche Aufgabe]; es seien <sup>4</sup>13  $\beta$  neue Glasarten miteinander zu verbinden, um „durch „Benutzung dieser Stoffe solche Glaspaare zu gewinnen, welche

„bei genügender Differenz im Werte des  $[1:\nu =] \Delta n / (n-1)$   
 „genau proportionale Dispersion in allen Teilen des Spektrums  
 „zeigen, also vollkommene Achromasie herbeizuführen ge-  
 „statten; und soweit dieses nicht mehr erreichbar ist, noch  
 „Paare mit möglichst verminderter sekundärer Dispersion  
 „darzustellen.“

Zweitens [auf die Abbesche Aufgabe], neue Glasarten  
 seien zu erschmelzen mit geringerer Einförmigkeit <sup>4 13</sup> <sub>6</sub> der Ab-  
 stufung von Zerstreuung oder Dispersion  $\Delta n$  und Brechzahl  $n$ .  
 „Denkt man sich nämlich alles bis jetzt in Gebrauch gekommene  
 „Kron- und Flintglas nach dem Werte des Brechungsexpo-  
 „nenten geordnet, vom leichtesten Kron angefangen bis zum  
 „schwersten Flint fortschreitend, so hat man in dieser Reihe —  
 „bis auf ganz minimale Unregelmäßigkeiten — zugleich die  
 „richtige Anordnung nach dem Werte von  $\Delta n$  und nach dem  
 „Werte von  $[1:\nu =] \Delta n / (n-1)$ . Jedem bestimmten  $n$  ent-  
 „spricht ein bestimmtes  $\Delta n$  und ein bestimmter Wert von  
 „ $[1:\nu =] \Delta n / (n-1)$ , und dem größeren  $n$  stets das größere  
 „ $\Delta n$  und das größere  $[1:\nu =] \Delta n / (n-1)$ , bis auf sehr ge-  
 „ringe, praktisch gleichgültige Abweichungen. Die Gesamtheit  
 „der bekannten Glasmaterialien, durch alle Zwischenstufen  
 „in  $n$  ergänzt gedacht, stellt sich demnach im Bilde einer  
 „bloßen Linie ohne merkliche Breite dar.“ . . . .

<sup>4 15</sup>  $\alpha$  „Der zweite Zielpunkt der gegenwärtigen Arbeit ist  
 „daher die Aufgabe geworden,

„die Mannigfaltigkeit der optisch verwendbaren Glasflüsse,  
 „welche bisher auf nur eine Dimension beschränkt gewesen  
 „ist, auf zwei Dimensionen zu erweitern, durch Darstellung  
 „von Glasarten, die mit je einem bestimmten Wert des  $n$   
 „innerhalb gewisser Grenzen eine stetige Abstufung des  $\Delta n$   
 „und mit je einem bestimmten  $\Delta n$  eine entsprechende Ab-  
 „stufung des  $n$  offen lassen.

„Dieser Idee entsprechend stellt sich die Gesamtheit der  
 „möglichen Glasarten, wenn der Wert von  $n$  als Abszisse,  
 „derjenige von  $\Delta n$  als Ordinate eingeführt wird, unter dem  
 „Bilde eines unregelmäßig begrenzten Flächenstücks dar, in

„dessen Innerem die Reihe der jetzt bekannten Glasarten auf einer ungefähr parabolischen Linie repräsentiert ist. — Es kommt uns nun vor allem darauf an, die Kontur des praktisch realisierbaren Gebietes dieser Fläche durch Ermittlung einer Anzahl von Grenzpunkten annähernd festzustellen, damit der Spielraum kenntlich werde, in welchem die Optik über die beiden Konstanten  $n$  und  $\Delta n$  in Zukunft frei zu verfügen wird hoffen dürfen.“ (Man vergleiche auch Abb. 29 auf S. 132).

Die Arbeiten sind noch nicht zum Abschluß gediehen, und es erscheint daher mißlich, schon jetzt nähere Angaben zu machen. Die Unterzeichneten hofften aber, sowohl bei der Fraunhoferschen als auch bei der Abbeschen Aufgabe bestimmte Fortschritte erzielen zu können. Daneben sind auch Versuche im Gange, schweres Flintglas von vollkommener Farblosigkeit herzustellen und die Färbung der Glasflüsse durch Metalloxyde zu untersuchen. Schließlich habe E. Abbe für den Sommer noch vor, die thermischen Verhältnisse solcher neuen Glasflüsse zu erforschen, die etwa für Himmelsfernrohre verwandt werden könnten.

### III. Der Gedanke an eine Beihilfe vom Staat (S. 21—26).

Auf der augenblicklichen Stufe der Versuche bedürfe es einer Beihilfe durch den Staat nicht. Wenn diese Versuche aber — was hoffentlich vor Ablauf des Jahres 1882 geschehen werde — so weit gefördert würden, daß man sie praktisch zu verwirklichen suchen könnte, dann sollte man mit der Darstellung des Glases in größeren Mengen beginnen. O. Schott würde sich selbstverständlich gern damit beschäftigen, und man könne ihm wohl zutrauen, daß er das besser könne, als irgend jemand sonst. Aber über das erforderliche Kapital verfüge keiner der beiden Unterzeichneten. Auch im günstigsten Falle würde das Unternehmen erst nach vielen Jahren einen merklichen Gewinn abwerfen, wenn die neue Schmelzhütte sich auf die vielen Forderungen einlassen wolle, die vermutlich



an sie gestellt würden, und dabei nicht fragte, ob die Herstellkosten durch den Absatz gedeckt würden.

Wenn der Staat nach den Foersterschen Vorschlägen ein Institut für Feinmechanik gründen wolle, so würden die Jenaer Vorarbeiten unter allen Umständen nützlich sein, möge er nun selber als gewerblicher Unternehmer auftreten oder ein geeignetes Unternehmen unterstützen. „Wir haben diese „Arbeit von Anfang an als eine rein wissenschaftliche Aufgabe behandelt, ohne die Absicht auf persönliche Vorteile — wie es denn zu unsern ersten Verabredungen gehört, daß „beim einstigen Abschluß der Untersuchung alle Ergebnisse „rückhaltlos veröffentlicht werden müssen, und daß auch nichts „davon der allgemeinen Benutzung durch Patente entzogen „werden darf.“ — Wäre aber wirklich ein Fortschritt gesichert, so hofften die Unterzeichneten, daß die berufenen fachmännischen Kreise für die etwa nötige staatliche Beihilfe zur Entwicklung des Unternehmens eintreten würden.

Hier sei kurz bemerkt, daß dieser erste an W. Foerster gesandte Bericht von diesem erst nach 112 Tagen weitergegeben ward, und daß — bei aller allgemeinen Bereitwilligkeit <sup>27</sup> 280  $\psi$  — die tatkräftige Förderung durch den Staat doch erst auf den Bambergischen „Brandbrief“ hin (<sup>4</sup> 32<sup>1</sup>) am 16. Oktober 1883 in die Wege geleitet wurde, was denn auch schon an dem 21. Oktober desselben Jahres zu dem ersten Besuche W. Wehrenpennigs in Jena führte. Vermutlich nach Ratschlägen dieses mit E. Abbe innerlich verbundenen hohen Staatsbeamten wurde dann am 5. Januar 1884 von Abbe der „Bericht über die in Jena unternommenen Versuche zur Verbesserung des optischen Glases und deren praktische Verwertung“ abgestattet.

### I. Der gegenwärtige Stand der Versuche und die bisherigen Ergebnisse (S. 39—46).

Bei den neuen Arbeiten war zunächst genauer zu prüfen, wie sich die altbekannten Glasflüsse der Silikatreihe noch etwa verbessern ließen. Dabei stellte es sich heraus, daß die Ein-

führung neuer Zusätze manche wertvolle Verbesserungen im Hinblick auf die Abbesche Aufgabe erlaubten, daß dagegen mit Silikatglas im Hinblick auf die Fraunhofersche Aufgabe kein Vorteil zu erzielen sei.

Daher gingen die neuen Versuche zur Darstellung praktisch verwendbarer Glasarten im wesentlichen auf die Widerstandsfähigkeit der mit den neuen Säuren und Basen hergestellten Glasflüsse <sup>4</sup>41  $\alpha$ . „Nach sehr zahlreichen Versuchen, welche unternommen werden mußten, um den Einfluß verschiedener Bestandteile und wechselnder Verhältnisse der Zusammensetzung auf die Widerstandsfähigkeit zu erproben, darf gegenwärtig auch diese Schwierigkeit als in der Hauptsache befriedigend überwunden hingestellt werden. Von den Glasarten mit wesentlich neuer Zusammensetzung haben sich viele in eine so haltbare Konstitution bringen lassen wie die besten unter den jetzt gangbaren Silikatgläsern, und wenn auch manches andere, dessen Anwendung der Optik erwünscht sein muß, gewissen Beschränkungen in der Art der zulässigen Exposition unterworfen bleiben wird, so dürfen wir doch als sicher annehmen, daß hieraus Hindernisse für die regelmäßige Anwendung des Neuen nicht entspringen werden.“

Die speziellen Resultate der Schmelzversuche sind auf S. 60/62 in den Tabellen I und II dargestellt, die dem Fachmann einen sehr fesselnden Einblick in die Entwicklung von Abbes Auffassung gestatten. In I waren die neuen Glasarten innerhalb jeder Gruppe geordnet nach dem wechselnden Nenner in 1 :  $\nu$  und in Vergleich gesetzt zu 7 kennzeichnenden Proben der Chanceschen Silikatarten. Die Aufführung entspricht bereits der in der ersten Preisliste von 1886 (<sup>2</sup>202) verwandten, nur fehlt noch die Umrechnung der Teilzerstreuungen zwischen A' und D, D und F, sowie F und G' in Bruchteile der Grundzerstreuung zwischen C und F. Ersatz dafür ist geschafft durch Tabelle II. Hier sind ganz in Fraunhofers Art für 4 Paare Chancescher Silikatarten und für 9 Paare

der neuen Glasarten die Verhältnisse  $\frac{\text{Teilerstreuung in Flint}}{\text{Teilerstreuung in Kron}}$  für die obigen Gebiete der Teilerstreuung A' bis D, D bis F und F bis G' angegeben.

Während die Verschiedenheit der 3 Verhältniszahlen für die Silikatarten groß ist, läßt sich eine merkliche Abnahme

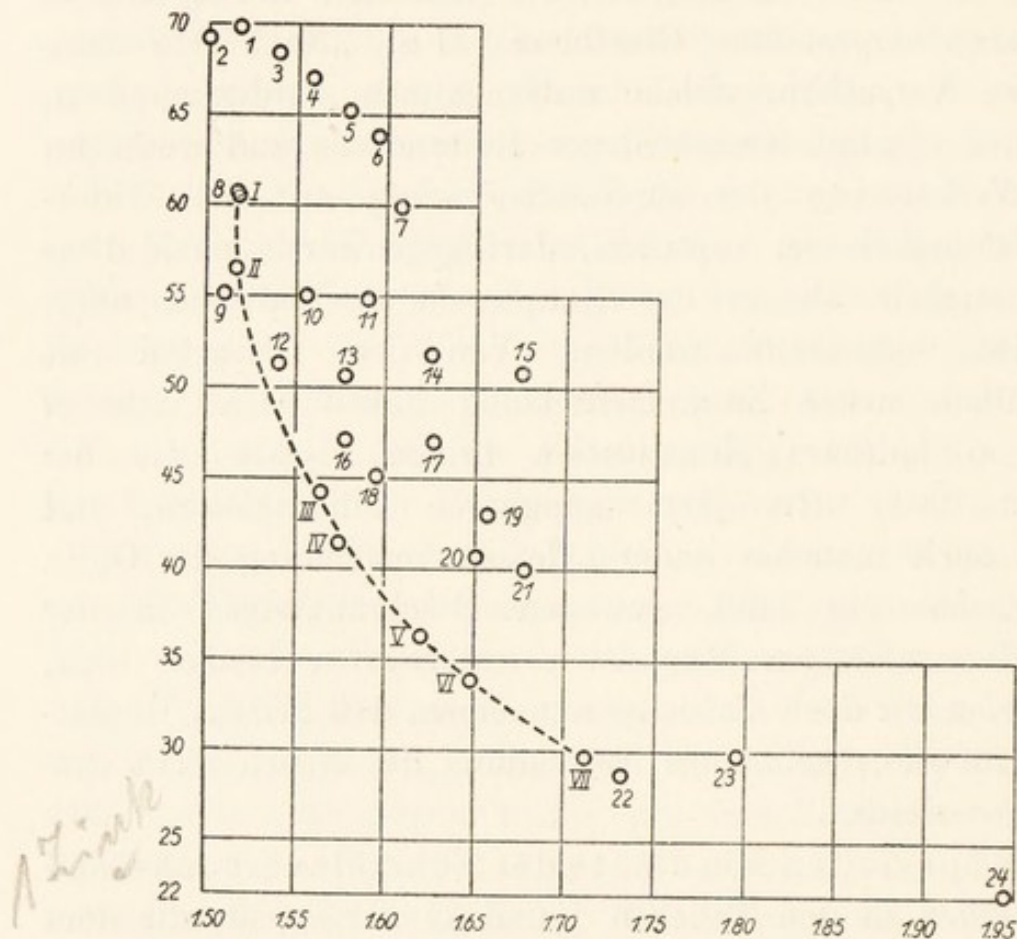


Abb. 29. Ein Schaubild für die in 460/61 aufgeführten neuen (1—24) und alten (I—VII) Glasarten. Als Abszissen dienen die Werte von  $n$ , als Ordinaten die von  $v$ . Der sorgfältige Entwurf in großem Maßstabe wurde dankenswerterweise von H. Hartinger angeordnet.

dieser Verschiedenheit bei den neuen Glasarten erkennen und das Schluß-Glaspaar (o) mit einem neuen Boratkron als Flintbestandteil und Chanceschem Hartkron als Kronbestandteil zeigt ein ganz eigenartiges Verhalten der 3 Verhältniszahlen.

Auch über die Erfüllung der Abbeschen Forderung gibt die Tabelle I Auskunft, die durch die angehängten Bemerkungen auf S. 63/64 noch deutlicher hervorgehoben wurde.

Die nach Tabelle I neu gezeichnete Abb. 29 wird dem Leser die Übersicht sowie die Beziehung auf S. 128/29 erleichtern.

Es wurden ferner auch Studien zur Technik der Glasbereitung für optische Zwecke angestellt und namentlich die Bedingungen bearbeitet, die Schlierenbildung, die Spannungen und die nachteilige Färbung mancher Schmelzen zu vermeiden. Endgültig werden sich die Antworten im Laboratoriumsversuch nicht finden lassen, aber auf wichtige Aufschlüsse ist man doch gekommen.

Der Umfang der Schmelzungen war sehr groß, am Ende des Jahres 1883 schon 700 Probeschmelzungen, viele davon in dem größten Umfange, den die Laboratoriumseinrichtungen gestatteten.

Wenn hier die analytisch-chemischen Untersuchungen ebensowenig besprochen werden, wie die aussichtsreichen Versuche zur Verbesserung des thermometrischen Glases, so soll dagegen die praktische Erprobung der neu dargestellten Glasarten etwas genauer geschildert werden. Die Versuche wurden zuerst mit größeren Prismen von  $60\text{--}70^\circ$  brechendem Winkel angestellt. Diese lieferten bei Sonnenlicht erprobt ein vollkommen reines und scharfes Spektrum auch bei starker Fernrohrvergrößerung. Also sind die betreffenden Glasarten — Kron und Flint — einer exakten Bearbeitung durch Schleifen und Polieren sicher fähig.

Ferner sind bereits zwei Mikroskopobjektive nach den Rechnungen Abbes ausgeführt worden, bei welchen kein anderes Glas außer dem Material aus den Probeschmelzungen verwandt wurde; ein schwaches Objektiv von  $f' = 25$  mm und  $'A = 0.30$ , sowie ein stärkeres von  $f' = 4$  mm und  $'A = 0.86$ . Bei beiden ist für zwei verschiedene Farben der Farbenunterschied der Öffnungsabweichung gehoben, und das schwächere hat in der Achse kein sekundäres Spektrum, vielmehr sind drei farbige Strahlen am Bildort vereinigt, während bei dem stärkeren das sekundäre Spektrum auf weniger als die Hälfte des sonst unvermeidlichen Betrages herabgebracht werden konnte. Bei der Herstellung dieser beiden Probestücke

sind zusammen nicht weniger als sieben verschiedene Arten des neuen Glases verwandt worden. Der Erfolg entsprach ganz genau den Erwartungen, und man konnte die Okularvergrößerung merklich steigern.

Für einen Versuch mit einem astronomischen Fernrohr liegen augenblicklich gebrauchsfähige Scheiben bis zu etwa 15 cm vor aus solchen Glasarten, die die Herstellung einer dreigliedrigen Form mit völlig aufgehobenem sekundärem Spektrum gestatten werden. Die rechnerischen Vorarbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Man vergleiche hier S. 155  $\psi$ .

## II. Der Plan für die Fortsetzung der Versuche und für ihre Überleitung in die Industrie (S. 46—51).

Weitere Aufgaben lassen sich nicht mehr im Bereiche der Laboratoriumsarbeit leisten, hier kann nur der Versuch Auskunft geben, die Glasarten fabrikationsmäßig herzustellen; es werden Feuerungsanlagen beschafft werden müssen, die die Schmelzvorgänge zu beherrschen gestatten und das Glasgut vor Verunreinigung hüten; es werden ferner, auch für die neuen Glasarten, Werkstoffe für die Schmelztiegel aufzusuchen sein von größerer Widerstandsfähigkeit und ohne Neigung, die Glasflüsse in schädlicher Weise zu färben; auch die Vermeidung von Schlieren wird Forschungsarbeit verlangen.

Da für diese Aufgaben ein fabrikationsmäßiger Betrieb notwendig ist, so haben sich drei Partner, nämlich außer den beiden Unterzeichneten noch die Herren Carl und Roderich Zeiss [zusammen als eine Person] zusammengetan, um eine glastechnische Versuchsstation zu begründen, wofür Kostenanschläge und Bauentwürfe beigelegt werden. Die Aufgaben werden in erster Linie auf die Verwirklichung einer technisch leistungsfähigen und wirtschaftlich haltbaren Erzeugung von optischem Glase auf der durch die bisherige Arbeit gewonnenen wissenschaftlichen Grundlage eingestellt. Daneben soll auch — neben anderen weiteren Plänen — noch die Herstellung von Thermometerglas gefördert werden.

Als Ziel schwebt beiden Unterzeichneten eine fabrikmäßige Erzeugung <sup>450</sup>  $\gamma$ ,  $\delta$  vor, die „eine lebendige Fühlung „mit den Bedürfnissen der Optik und der exakten Wissenschaft „dauernd zu erhalten sucht und sich augenblicklich in den „Dienst dieser Bedürfnisse stellt.“

„Während gegenwärtig die wissenschaftliche Industrie „sich schlechthin begnügen muß mit dem, was die Glasfabri- „kanten zu liefern für gut finden — d. h. was sie herzustellen „gewohnt sind und für sich vorteilhaft halten —, soll nach „unserer Idee das neue Unternehmen die Aufgabe haben, „dasjenige darzubieten, was die Industrie oder die Wissenschaft „innerhalb des Erreichbaren verlangen kann, sowohl im all- „gemeinen wie von Fall zu Fall.“

### III. Eine Rechtfertigung des Gesuches um eine Staatssubvention zur Weiterführung der Arbeiten (S. 51—56).

Nach der vorstehenden Auseinandersetzung über den gegenwärtigen Stand der Versuche und den Plan für die Versuche im großen sprechen <sup>451</sup>  $\gamma$  die beiden Unterzeichneten die Bitte aus,

„daß uns aus öffentlichen Mitteln des preußischen Staates „eine Subvention gewährt werden möge zur Bestreitung der „Aufwände, welche die nunmehr erforderlichen Experimente „im fabriktionsweisen Maßstabe nötig machen, und welche „gleichfalls noch aus eigenen Mitteln zu decken wir „nicht mehr in der Lage sein würden“.

Aus der Begründung mag besonders auf Abbes Ansicht hingewiesen werden, daß ein solches Unternehmen später im besten Falle das Anlagekapital verzinsen könne und den darin beschäftigten Personen einen angemessenen Lohn für ihre täglichen persönlichen Leistungen sichern werde. Mehr sei nicht zu erwarten, weil für das Neue in den Erzeugnissen des Betriebes nur feinere optische Geräte die Möglichkeit bieten könnten, während die dafür geschulten Fachmänner vorläufig noch erst heranzubilden seien.

Einer wohlwollenden Aufnahme dieses Schreibens im Kultusministerium konnten die beiden Unterzeichner gewiß sein, und sie hörten auch bereits am 9. April 1884 von dem Minister G. v. Goßler, daß auch der Landtag, dem Antrage der Regierung entsprechend, einem Hilfs-Beitrage von 25000 M zugestimmt habe.

Abben lag es nun ob, die neuen Glasarten, wie auf S. 145  $\alpha$  von Ende 1883 bemerkt, in die neuen Mikroskopobjektive einzuführen, mit andern Worten, die Reihe der Achromate zu berechnen. Er hat dafür <sup>24</sup> 74  $\alpha$  bereits im Laufe von 1884 Flußpat in diese Linsenfolgen eingeführt und war mit den Ergebnissen sehr zufrieden.

Im Briefwechsel mit der preußischen Behörde spielen die Sorgen um die Kosten der 1884 im September in Betrieb genommenen glastechnischen Versuchsanstalt die Hauptrolle. Schon die Kosten des Baus überstiegen die Voranschläge, und so ist Abbe Sonntag, den 15. Juni 1884, nach Berlin gereist und dort von dem Minister empfangen worden. Wie sich aus einem von dem Kultusminister unter dem 18. Juni an den Finanzminister gerichteten Schreiben entnehmen läßt, ist in diesem Empfang von der Notwendigkeit eines weiteren, größeren Zuschusses zu der glastechnischen Versuchsanstalt die Rede gewesen, und in der Tat handelt es sich darum in erster Linie in den beiden von Jena aus an den Kultusminister gerichteten Schreiben vom 27. Juli und vom 17. September 1884. Erst diesem zweiten Schreiben war die für das Finanzministerium notwendige Kostenaufstellung in eingehender Ausführlichkeit beigelegt worden. Nunmehr übertraf der hilfreiche Schutzgeist im Ministerium W. Wehrenpfennig sozusagen sich selber. Schon am 2. Tage nach der Absendung des letzten Jenaer Schreibens mit den Nachweisen, nämlich am 19. September 1884, trug G. v. Goßler bei dem Finanzminister auf die Einstellung der neuen, 35000 M. betragenden Unterstützung in den nächstjährigen Staatshaushaltsetat an, der in kurzer Zeit abgeschlossen werden sollte.

Alles glückte auch hier wieder, und am 8. April 1885 konnte die erfreuliche Kunde nach Jena weitergegeben werden,

daß auch diesem Antrage der Regierung von dem Landtage zugestimmt worden sei.

Wer sich einen lebhaften Eindruck von den Hoffnungen und Entwürfen, aber auch von den Mühen und Sorgen Abbes und Schotts machen will, der sollte den eingehenden Brief lesen, den E. Abbe <sup>4</sup>125 ff unter dem 8. Dezember 1884 seinem Geschäftsfreunde E. Busch geschrieben hat, um ihm von der Vorbereitung des großen Planes und der Verwirklichung zu berichten, soweit sie damals gediehen war.

Aber nach der Eröffnung des Glaswerks und der Einführung der Apochromate ruhten die Sorgen noch nicht, und es sei hier auf <sup>28</sup>335  $\alpha$  hingewiesen, wo Abbe in einem an den Kurator H. Eggeling gerichteten Schreiben von einem Empfange bei G. v. Goßler erzählt, um den er im Jahre 1887 wegen der immer noch nicht völlig gesicherten Fortführung des Glaswerks nachgesucht habe. Auch daraus läßt sich übrigens entnehmen, daß G. v. Goßler einen inneren Anteil an dem Glaswerk genommen hat.

### Abbes spätere Mitteilungen an die Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft.

Wendet man sich nun zunächst zu Abbes beiden großen englischen Aufsätzen, in denen er Mitteilungen im Mai 1881 über die Bemessung der Apertur und über die Beziehungen zwischen Apertur und Vergrößerung im Mai und Juni 1882 hat verlesen lassen — freilich ist der Schluß der letzten Mitteilung erst im Dezember 1883 veröffentlicht worden —, so handelt es sich nach Czapskis Äußerung in <sup>1</sup>IV  $\omega$  ausgesprochen um gemeinverständliche Gelegenheitschriften.

Namentlich gilt das für die erste, die durch den Wunsch entstanden ist, die im Dezember 1877 <sup>1</sup>116  $\beta$  eingeführte numerische Apertur (Öffnungszahl) seinen englischen Freunden nahezubringen. Dort hatte sich bis 1881 der Öffnungswinkel in Kraft erhalten, und Abbe hat sich sowohl <sup>1</sup>147  $\beta$  als <sup>1</sup>369  $\omega$  recht abschätzig darüber vernehmen lassen.

Einen größeren Wert hat er wohl der zweiten Abhandlung beigelegt, wengleich auch sie nur Gedankengänge wiedergab,



die er für seine Beiträge zur Theorie des Mikroskops schon um 1873 herum angestellt hatte. Seine gelegentlichen Hinweise auf sein experimentelles Zusammenarbeiten mit Carl Zeiss <sup>1369</sup> ω, <sup>1389</sup> δ, <sup>1424</sup> <sup>1</sup> sind uns geradezu von besonderer Wichtigkeit, und sie sind bereits auf S. 36 ψ verwandt worden. Ja, an einer Stelle <sup>1423</sup> α findet sich — sichtlich bei der späten Veröffentlichung dieses Teiles <sup>1406</sup> <sup>1</sup> eingeschoben — sogar ein Hinweis auf seine Hoffnungen und Entwürfe bei den ersten Apochromatrechnungen vom Jahre 1883.

Unbestritten hat er — wie soeben gesagt — die in dieser umfangreichen Arbeit mitgeteilten Überlegungen schon um 1873 herum besessen und manches für seine Beiträge vom Jahre 1873 verwertet, wofür die Warnung vor der unzumutbaren Apertursteigerung an schwachen Objektiven ebenso spricht, wie die Überlegungen zur Übervergrößerung ν.

Man darf sich auch darüber nicht wundern, daß er die ausführliche Darlegung dieser alten Gedankenreihen vor englische Leser brachte: dort war eben — unbeschadet mancher gelegentlich zu bekämpfenden Vorurteile — eine sachverständige Freude an der Arbeit mit dem Mikroskop vorhanden. In unserem Vaterlande waren die Köpfe sehr sparsam verteilt, die für die durch das Mikroskop gestellten Aufgaben etwas übrig hatten, und nicht annähernd so wie in England in gut geleiteten Fachgesellschaften zusammengefaßt. Daher konnte es kommen, daß Abbés Darlegungen in der Heimat (S. 100 ω) überhaupt nicht gründlich durchgearbeitet wurden, und daß man sie gelegentlich mit bequemlicher Verhüllung solcher Mängel als „allzu abstrakt“ kennzeichnete. Abbe hat früh die Führung des Kampfes in Deutschland an L. Dippel (s. S. 123 γ) abgegeben, aber auch diesem ist es trotz aller Mühe nicht gelungen, eine wirklich ausgedehnte Schule zu bilden.

Wendet man sich nun zu der Besprechung der zweiten größeren Arbeit: „Die Beziehungen zwischen Apertur und Vergrößerung beim Mikroskop“ (<sup>1375/435</sup>), so hat Abbe sie in zwei Hauptteile zerlegt.

I. Allgemeine Betrachtung über große und kleine Aperturen gibt seine allgemeinen Überlegungen wieder, die am Schluß in knappe, durch Sperrdruck hervorgehobene Sätze zusammengefaßt wurden.

,Hohe Aperturen, wo starke Vergrößerung erforderlich ist; niedere, oder mittlere Aperturen, wo schwache oder mittlere Vergrößerungen ausreichend sind oder nicht überschritten werden können (378  $\beta$ ).

,Große Aperturen an Objektiven kurzer Brennweite; kleine und mittlere Aperturen an schwachen und mittelstarken Objektiven (379  $\beta$ ).

,Hohe Aperturen (zusammen mit starken Vergrößerungen) nur für solche Präparate, die keine merkliche Sehtiefe erfordern, d. h. für äußerst flache oder dünne Objekte, ferner für durchsichtige Objekte, die ein Studium in optischen Querschnitten zulassen. Mäßige und niedere Aperturen, wenn ein beträchtliches Penetrationsvermögen unerlässlich ist (383  $\gamma$ ).

,Gebrauche nie höhere Aperturen, als für die Wirksamkeit der Vergrößerung notwendig sind, da Übermaß der Apertur stets Verschwendung von Zeit und Arbeit bedeutet (386  $\gamma$ ).

,Wissenschaftliche mikroskopische Arbeiten werden stets nicht nur starke Objektive mit möglichst hohen Aperturen erfordern, sondern auch schwächerer Systeme niedriger und mittlerer Apertur in sorgfältiger Ausführung bedürfen (389  $\beta$ ).

## II. Der rationelle Ausgleich von Apertur und Vergrößerung.

### A. Die für das ganze Mikroskop bestehende Beziehung zwischen Apertur und Vergrößerung (390 $\gamma$ ).

Abbe geht von der Fraunhoferschen Formel  $\delta = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{a}$  aus;  $\delta$  Objektgröße,  $a$  Öffnungszahl. Für die Vergrößerung  $N$  bei 250 mm Abstand gilt ohne weiteres  $N\delta = \frac{v}{3438} \cdot 250$ , wo  $v$  der in Bogenminuten ausgedrückte Gesichtswinkel im Augenraum ist; mithin  $N = \frac{250}{3438} \cdot \frac{v}{\delta}$   
 $= \frac{250}{3438} \frac{2av}{\lambda}$ ; also für grünes Licht mit  $\lambda = 0.00055$  mm  $N = 264.5 a \cdot v$ .  
 und dafür ist (auf S. 393) die Tafel I entworfen. Entsprechend gilt  $a = \frac{N}{264.5} \frac{1}{v}$  und dafür ist (auf S. 394) die Tafel II berechnet.

Hieraus ergeben sich nur Näherungswerte, die aber zur Bestimmung der Grenzen der nutzbaren Vergrößerung sehr brauchbar sind. Setzte man  $v = 2$  und  $= 4$ , also den Wert der kleinsten, genau zu erkennenden Größe zu 2 und 4 Bogenminuten, so ergeben die beiden Tafeln I und II recht niedrige Vergrößerungsziffern (s. a. S. 74  $\beta$ ).

Nach oben sollten diese Grenzen nicht überschritten werden, da übertriebene Vergrößerung die richtige Erkennung hindern kann. Beispiel von Pleurosigma ang. (397  $\beta$ ) und von Amphipl. pell. (398/99)

Ein Überschreiten nach unten kann einen erwünschten Vorteil für die Helligkeit herbeiführen, da die Austrittspupille größer ausfällt. Sie sollte aber nicht größer werden als höchstens 2.5 mm im Durch-

messer, da sonst die Augenpupille des Beobachters die breiteren Bündel der Bildseite abschneidet (405  $\alpha$ ).

Hiermit sind die Grundwerte der Beziehungen zwischen Apertur und Vergrößerung gegeben. Bei den größten Aperturen wird man für Trocken-, Wasser-, Paßöllinsen ansetzen müssen:

$a = 0.95 \quad 1.25 \quad 1.40$  ; bei den mittleren Aperturen sollte man sparsam mit den Aperturwerten sein, bei den kleinen Aperturen eher einen Überschuß der Apertur zulassen (406  $\beta$ ).

#### B. Die Verteilung der Gesamtvergrößerung des Mikroskops auf Okular und Objektiv (406 $\gamma$ ).

Lägen keine Fehler der Strahlenvereinigung vor, so wäre die Zerlegung in Objektiv- und Okularvergrößerung ganz gleichgültig; da diese Fehler aber vorhanden sind, so muß man eine schädliche Anhäufung im Schlußbilde vermeiden. Achtet man zunächst nur auf die Bildmitte, so ist dafür die Okularvergrößerung von geringerer Bedeutung; es kommt im wesentlichen auf die Objektivvergrößerung an.

Hier sei von vermeidbaren Ausführungs- und Anlagefehlern abgesehen, aber es gibt auch Abweichungsreste, die sich bei dem heutigen Stande der optischen Technik nicht heben lassen [man beachte etwa die Zwischenfehler S. 60, Abb. 5]. Ein jedes Objektiv hat einen gewissen Abweichungsrest, und dieser wächst, der Vergrößerung  $n$  entsprechend, auf das  $n$ -fache, wenn man die üblichen Hilfsmittel (etwa die Korrektrionfassung) anwendet, sobald man das vom Objektiv entworfene Zwischenbild in einem größeren Abstände als dem üblichen  $\Delta$ -Werte entwirft. Setzt man

$$N' = \Delta/f'$$

an, so entspricht der Durchmesser  $\epsilon$  des Zerstreuungskreises der Länge von  $\Delta$  (der optischen Tubuslänge) S. 72  $\alpha$ , und sein Gesichtswinkel  $u$  von  $F'$  aus ist unveränderlich für diese Objektivanlage gegeben. Dieser Winkel  $u$  (die dieser Objektivanlage innewohnende Strahlenzerstreuung) steht natürlich zu  $\epsilon$  in der Beziehung (411  $\delta$ )

$$\epsilon = \Delta u$$

Wird nun ein solches Zwischenbild mittels eines Okulars von der Brennweite  $\varphi'$  betrachtet und ein deutliches Bild in der deutlichen Sehweite  $l$  entworfen, so ist die Okularvergrößerung  $N''$  gegeben durch

$$N'' = l/\varphi'$$

und die Gesamtvergrößerung  $N$  des Schlußbildes gegeben durch

$$N = N' N'' = \frac{\Delta}{f'} \frac{l}{\varphi'}$$

sowie der Durchmesser,  $\epsilon$  des Zerstreuungskreises am Schlußbilde

$$\epsilon = N'' \epsilon = \epsilon \frac{l}{\varphi'} = \frac{\Delta u l}{\varphi'}$$

und der Winkelwert  $U$  des Durchmessers der Strahlenzerstreuung bei der Gesamtvergrößerung

$$U = \frac{\Delta}{l} = \frac{\Delta u}{\varphi'}$$

Der Wert der Gesamtvergrößerung läßt sich aber auch umschreiben

$$N = \frac{\Delta}{f'} \frac{l}{\varphi'} = \frac{l}{f'} \frac{\Delta}{\varphi'} = \frac{l}{f'} \nu = [N] \nu.$$

Hier ist  $[N] = l/f'$  die Normalvergrößerung des Objektivs, später die Lupenvergrößerung des Objektivs genannt, und es gilt also:

$$N = [N] \nu \text{ und } \nu = \frac{N}{[N]} = \frac{\Delta}{\varphi'}$$

$\nu$  soll die Übertvergrößerung der Lupenvergrößerung des Objektivs genannt werden (S. 73  $\omega$ ); das ist ein Maß für die Beanspruchung, der das Objektiv bei der Erzielung einer bestimmten Gesamtvergrößerung ausgesetzt wird.

Man muß nun weiter (415  $\beta$ ) wissen, daß für Objektive gleicher Öffnungszahl, ähnlicher Anlage und gleicher Ausführungsgüte der  $u$ -Wert der gleiche ist und nicht von der Brennweite abhängt.

Setzt man, was aus dem Vorstehenden folgt,

$$\nu = \frac{N}{[N]} = \frac{N f'}{l}$$

und weiter

$$U = \nu u = \frac{N}{l} f' u,$$

so erkennt man, daß die Sichtbarkeit der der Anlage innewohnenden Mängel  $U$  bei gegebener Gesamtvergrößerung  $N$  der Brennweitenlänge  $f'$  des Objektivs entspricht.

Ermittelte der Vortragende für eine bestimmte Öffnungszahl nun den Bruch

$$[N] = \frac{N}{\nu},$$

bei dem noch keine merkliche Bildverschlechterung auftrat, so ist  $[N]$  die Normalvergrößerung dieses Objektivs für jene Öffnungszahl, und man kann aus der obigen Gleichung

$$[N] = \frac{l}{f'}$$

die Brennweite

$$f' = l/[N]$$

ermitteln, die ein Objektiv dieser Öffnungszahl erhalten muß, um das Abbildungsvermögen möglichst gut auszunutzen (418  $\omega$ ).

Hierzu lassen sich grundsätzliche Anmerkungen machen.

Die  $\nu$ -Werte müssen mit wachsender Öffnungszahl abnehmen, weil damit sowohl die Zwischenfehler für eine einzelne Farbe steigen als auch

die zunächst unaufhebbaren Fehler der Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung anwachsen.

Da ferner bei Trockenfolgen die Frontaberration einen besonders großen Betrag hat, der schon bei Wasserlinsen geringer wird und bei Paßöllinsen sogar ganz verschwindet, so werden die Zahlen der Übervergrößerung unter vergleichbaren Umständen (gleicher Öffnungszahl) von den Trockenfolgen zu den Wasser- und zu den Paßölfolgen dauernd anwachsen, was auch (421  $\alpha$ ) durch den Versuch bestätigt wird.

Eine merkliche Schwierigkeit bei der Erprobung bieten die Helligkeitsverhältnisse, weil Objektive von größerer Öffnungszahl in der Regel mit ziemlich engen Beleuchtungsbündeln verwandt werden, und das kann bei Präparaten von regelmäßigem Gefüge dazu führen, sonst merkliche Fehler der Strahlenvereinigung zu übersehen.

Bei starken Trockenfolgen  $'A \leq 0.80$  und Wasserlinsen  $'A \leq 1.10$  kann man  $\nu = 4$  nicht überschreiten, dagegen kann man bei Paßöllinsen mit  $'A \leq 1.30$  für  $\nu = 6$  eintreten. Bei mittelstarken Trockenlinsen bis herab zu  $'A = 0.4$  gilt  $\nu = 5$  bis 6 und bei schwachen Trockenlinsen  $'A = 0.15$  oder 0.20 steigt  $\nu$  auf 8 bis 10 (426  $\beta$ ). Man vergleiche auch S. 74  $\beta$ !

„Um möglichst gute Bedingungen für die Ausnutzung des Abbildungsvermögens einer Apertur zu erhalten, müssen die Brennweiten der Objektive für die Vergrößerungen ausreichen, die zur Wahrnehmung der kleinsten Einzelheiten nötig sind, ohne daß höhere Übervergrößerungen anzuwenden wären, als durch die oben definierten kritischen  $\nu$ -Werte angegeben sind.“

So ergeben sich für die Öffnungszahlen $'A$	0.90	1.2	1.35
die Objektivbrennweiten in Millimetern	2.1	1.56	2.1

und bei den Wasser- und Paßöllinsen kann man je nach der Art der Arbeiten von diesen Werten nach oben und nach unten abweichen.

Für die Werte der Trockenlinsen kann man für die Öffnungszahlen  $'A$

	0.15	0.5	0.9
mit den zugehörigen $\nu$ -Werten	9	5	4

eine parabolische Kurve ansetzen, um in Tafel 3 (d. i. <sup>1</sup>432) für eng abgestufte  $'A$ -Werte die zugehörigen  $\nu$ -Zahlen und die Brennweiten  $f'$  in Millimetern zu erhalten.

Hier an dieser Stelle soll die Tafel S. Czapskis (<sup>10</sup>234  $\gamma$ ) mitgeteilt werden, da diese — 1893 veröffentlicht — auch die Ziffern für die Apochromate enthält; die  $f'$ -Werte sind in Millimetern angegeben.

Öffnungszahl	Förderliche Gesamt- vergrößerung = N	Achromate	Apochromate			
$A = n \sin u$	$v = 2'$	$v$	$f'$	$v$	$f'$	
Trockenlinsen	0.10	53	10	47	—	—
	0.20	106	8	19	—	—
	0.30	159	7	10.5	10	16
	0.60	317	4.5	3.5	10	8
	0.90	476	4	2.1	8	4
Wasserlinse	1.20	635	4	1.6	7	2.5
Paßöllinse	1.35	714	6	2.1	9	3

Ferner mögen einige kleinere Mitteilungen für die Londoner Gesellschaft angeschlossen werden, von denen die letzte sogar schon aus dem hier behandelten Zeitraum herausfällt. Sie wird aber dennoch am besten an dieser Stelle angehängt werden.

Am 12. April 1882 hat Abbe in London einen Aufsatz (<sup>1</sup> 436/44) „Über die Art des Sehens mit Objektiven von großer Öffnung“ verlesen lassen.

Ein Ringsherumsehen um kleine körperliche Gegenstände finde bei aplanatischen Objektiven nicht statt, da sie immer kleine achsen-senkrechte Ebenen ähnlich abbildeten. Handelte es sich um die Wiedergabe kleiner körperlicher Objekte innerhalb der Sehtiefe, so werde eine scharfe Parallelprojektion erhalten mit einer von der Neigung der Bündel abhängenden Schiefe und entsprechenden Verschiebung gegen die Wiedergabe der eingestellten Ebene. Führe man bei stereoskopischer Beobachtung verschiedene Bündel den beiden Augen zu, so handele es sich immer nur um solche Parallelprojektionen; eine wahre perspektivische Verschiedenheit könne nicht eintreten, weil eben bei der Parallelprojektion keine perspektivische Verkürzung der Linien eintreten könne.

Zur Verlesung am 12. März 1884 hat Abbe für London einen Aufsatz (<sup>1</sup> 445/49) über die richtige Definition der Vergrößerung einer Linse oder eines Linsensystems eingesandt.

Er wünscht die Vergrößerung des Systems in der deutlichen Sehweite  $l$  zu ersetzen durch das Vergrößerungsvermögen

$$\frac{\operatorname{tgu}}{h} = \frac{1}{f'}$$

wo  $u$  der Sehwinkel im Augenraum mit der Ausdehnung  $h$  des Gegenstandes verglichen und durch den Kehrwert der Brennweite ausgedrückt wird.

Die Formel ist streng, wenn der Augenort im hinteren Brennpunkt liegt, wenn nicht, so muß nach dem Abstände  $d$  noch ein — in der Regel kleines — Zusatzglied hinzugefügt werden:

$$\frac{tgu}{h} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f'} \frac{d}{l},$$

das auch von der Akkommodation ( $l$ ) abhängt.

Am 9. Oktober 1889 hat Abbe in London einen kurzen Aufsatz Über die Wirkung der Beleuchtung durch weitgeöffnete Strahlenkegel <sup>1</sup> 473/77 verlesen lassen.

Die Inhaltsangabe sei in engstem Anschluß an seine Zusammenfassung am Schluß mitgeteilt.

Das durch weitgeöffnete Beleuchtungsbündel erzeugte Gesamtbild sei stets eine Mischung einer Mannigfaltigkeit von Teilbildern, die mehr oder weniger voneinander verschieden (und dem Objekt selbst unähnlich) seien. Es liege gar kein vernünftiger Grund — noch irgendein experimenteller Beweis — für die Vermutung vor, daß dieses Mischbild einer streng richtigen Projektion näherkomme (einer solchen weniger unähnlich sei) als das durch ein enges axiales Beleuchtungsbündel erzeugte Bild. Ein solches entstehe im Gegenteil unter Bedingungen, die der Ähnlichkeit zwischen Objekt und Bild am günstigsten seien, da bei seiner Entstehung nichts von dem Beugungsbündel verlorengelasse außer den Randteilen (die zudem in vielen Fällen eine verhältnismäßig geringe Intensität besäßen). Alle anderen Bilder, mit denen es bei Verwendung eines weitgeöffneten Beleuchtungskegels vermengt werde, seien im Vergleich mit einem wirklich treuen Bilde des Objekts unähnlicher, da sie unter einer weniger vollständigen Mitwirkung des abgebeugten Lichts zustande kämen. Es sei daher unlogisch anzunehmen, daß eine Mischung oder Überlagerung von zahlreichen Einzelbildern, die alle dem wahren Bilde mehr oder weniger unähnlich seien, diesem weniger unähnlich ausfallen werde, als das Einzelbild, das dem wahren Bilde am ähnlichsten sei (wie dieses Einzelbild auch beschaffen sein möge).

Dieser Schluß widerspreche keineswegs der Tatsache, daß man in vielen Fällen bei Verwendung eines weitgeöffneten Beleuchtungskegels Andeutungen eines Gefüges zu erkennen vermöge, die bei Beleuchtung mit engem axialem Bündel verborgen blieben, weil schiefe Bündel in dieser Hinsicht wirksamer seien als das axiale. Die hier gegebene Auseinandersetzung beziehe sich nur auf die Annäherung an die vollständige Ähnlichkeit von Bild und Objekt.

### III. Die vorwiegend sozialpolitische Betätigung (1886—1902).

#### Die Wandlung in Abbes Haupttätigkeit.

Wenn schon auf Seite 123  $\psi$  aus der Gereiztheit, mit der Abbe im Juli 1880 dem Angriffe R. Altmanns begegnete, auf eine gewisse Überarbeitung geschlossen wurde, so werden die Arbeiten an der Behandlung der ersten Glasversuche seit 1881 und die Ansprüche, die sich 1883/84 aus der Begründung des Glaswerks ergaben, seine Ermattung gesteigert haben. Es wirkt auf seinen Geschichtsschreiber, der ihn bisher nur als einen im Dienste seines Gedankens unermüdet vorwärtstrebenden Mann kennenlernte, ebenso betrüblich wie unerwartet, wenn er <sup>27</sup>280/81 aus einem an Freund N. Kleinberg unter dem 11. November 1883 gerichteten Schreiben entnehmen muß, daß es Abben vor der gewaltigen Rechenarbeit graue, die mit der Vorbereitung der verschiedenen Apochromat-Objektive verbunden sein würde.

Man kann es daher gut verstehen, daß er um 1881 herum <sup>r</sup> den Versuch machte, in C. Moser einen bereits erprobten und voraussichtlich wohl geeigneten Helfer für die Jenaer Werkstätte zu gewinnen.

Carl Moser war (s. a. <sup>24</sup>55  $\gamma$ ) durch H. Schröder in Hamburg um den Ausgang der 70er Jahre für die rechnende Optik gewonnen worden, und bei der Heimkehr von seinem zweiten Besuche Londons wird Abbe den damals im 22. Jahre stehenden Jüngling wohl in Hamburg gesehen haben, als er nach Seite 95  $\delta$  1879 H. Schröders seinen Besuch machte. Zu Anfang September des gleichen Jahres kann er übrigens auch Mosers Vortrag auf der Berliner Tagung der Astronomischen Gesellschaft gehört haben.



H. Schröder hatte seinen jungen Helfer C. Moser 1880 nach Oberursel bei Frankfurt a. M. mitgenommen. Er konnte sich aber dort an der Spitze des neuen Unternehmens nicht halten, sondern begab sich, als daselbst der wirtschaftliche Zusammenbruch unvermeidlich geworden war, nach London in den Dienst von J. Stuart, dem derzeitigen Inhaber der altangesehenen optischen Werkstätte von A. Ross. Das verunglückte Unternehmen zu Oberursel wurde bis zur Abwicklung der laufenden Geschäfte von den Gläubigern aufrechterhalten, und Abbe suchte die Härten für die älteren Angestellten zu mildern: den kaufmännischen Leiter A. Stachel zog er als Hauptbuchhalter und Kassenwart an die optische Werkstätte nach Jena und soll nach <sup>24</sup> 83  $\gamma$  auch C. Mosern wohl schon 1881 daselbst eine seiner Vorbildung entsprechende Stellung angeboten haben. Und man mag wohl glauben, daß der tüchtige Fachmann, der leider in einer Kleinstadt keine Stellung annehmen wollte, Abben in der kommenden Zeit gute Dienste hätte leisten können.

Der Wunsch nach einer Entlastung war so dringend, daß Abbe sich wohl 1884 entschloß, einen Versuch mit einem Anfänger zu machen. Er wandte sich um Rat<sup>s</sup> an H. Helmholtz, der ihm den jungen Physiker Siegfried Czapski warm empfahl. Man kann aus <sup>6</sup> 264/65 die Stimmung kennen lernen, in der Abbe diesen Anwärter aufnahm.

Zu einem richtigen Urteil sollte man sich gegenwärtig halten, daß Abbe seit dem Sommersemester 1874 mit optischen Vorlesungen an der Jenaer Hochschule begonnen hatte, ohne daß die reichlich ausgestreute Saat aufgegangen wäre. Wie auf Seite 94  $\beta$  angedeutet, mag ihm 1878 die Ablehnung der Berliner Professur auch darum so schwer geworden sein, weil sich in der Reichshauptstadt für seine Lehrtätigkeit viel günstigere Aussichten gezeigt hätten. Man kann es wohl verstehen, daß bei unserm Meister damals das Urteil über den jungen Mann von eindrucksfähigem und beweglichem Geiste besonders günstig ausfiel, und es mag hier vorausgreifend bemerkt werden, daß Czapski

als der Kunder eines wichtigen Teiles von Abbes Lehre weiterleben wird.

Aber zu einem Helfer bei den Mikroskoprechnungen hat ihn Abbe sich nicht erzogen. Dagegen ließ er ihn einen Versuch machen, die neuen Glasarten für größere Fernrohrobjektive zu verwenden. Zu diesem Zwecke vertraute er ihn da dafür das Jenaer, damals ausschließlich Mikroskope herstellende Unternehmen nicht geeignet war, zu gründlicher Einarbeitung der Berliner Werkstätte C. Bambergs an, der ein alter und erprobter Freund des Jenaer Betriebes war. Erst Ende 1885 <sup>6</sup> 266  $\alpha$  sei S. Czapski zu ständiger Beschäftigung nach Jena zurückgekehrt; er wird vermutlich gleich 1886/87 das Kolleg Abbes über Dioptrik und die Theorie der optischen Instrumente gehört haben.

Von Abbes Rechenwerk aus der Vorbereitungszeit der Achromate sind nur wenige Einzelheiten bekanntgeworden. Anzuführen ist sein Hinweis in <sup>1</sup> 423  $\alpha$  vom Dezember 1883, wonach möglicherweise in wenigen Jahren Verbesserungen verwirklicht werden könnten; er ist in die Veröffentlichung eines Mitte Juni 1882 verlesenen Vortrags eingeschoben worden. Es ist denkbar, daß es sich dabei um die Objektive (S. 133  $\omega$ ) handelte, die er <sup>4</sup> 45  $\beta, \gamma$  wenig später in dem am 5. Januar 1884 unterschriebenen, dem preußischen Kultusminister überreichten Bericht erwähnt hat. Schließlich ist nach <sup>24</sup> 74  $\alpha$  zu erwähnen, daß er seit dem Jahre 1884<sup>t</sup> Flußspat in die Mikroskopobjektive eingeführt habe; doch ist das nach Boegeholds Forschungen bestimmt schon 1883 geschehen.

Darüber hinaus ist mir nichts bekannt, aber man erfährt aus einem im Mai 1886 <sup>27</sup> 282  $\alpha$  von Abbe an N. Kleinenberg gerichteten Briefe, daß er im Winter von 1885 auf 86 unter der Rechenarbeit zusammengebrochen sei. Die neue Aufgabe war noch größer als die zwischen 1869 und 71 bewältigte, daneben war der Meister 15 Jahre älter geworden<sup>u</sup> und durch ein Übermaß mannigfacher Arbeit zermürbt, was auch zu <sup>31</sup> 225  $\omega$  gut stimmt. Die Überanstrengung seiner Nerven wird sich um die Zeit gezeigt haben, da Czapski

nach Jena übersiedelte, doch wurde er zur Hilfe an den Mikroskoprechnungen auch nunmehr nicht herangezogen.

Als Helfer griff Abbe vielmehr <sup>27</sup> 282  $\delta$  auf den damals wenig über 28 Jahre alten Schulamtskandidaten P. Rudolph zurück, mit dem möglicherweise schon vorher Verhandlungen angeknüpft worden waren. Sicher ist, daß dieser seinen Dienst im Januar 1886 angetreten und den Meister bei den Rechnungen für die Apochromatobjektive und ihr Zubehör wirksam unterstützt hat.

Briefliche Äußerungen Abbés über den Abschluß der Apochromatrechnungen sind mir nicht bekanntgeworden, und es ist daher allein meine Deutung, wenn ich hier wie in <sup>28</sup> 298  $\beta$  die Errichtung des „Ministerialfonds für wissenschaftliche „Zwecke“ am 22. Mai 1886 auffasse gleichsam als ein für das Ende der Apochromatrechnungen gestiftetes Dankopfer. Er hat für diese erste Gabe ausschließlich an die Förderung der Jenaer Hochschule gedacht, und dazu gehört auch nach <sup>6</sup> 325  $\gamma$  die Übernahme der Kosten für die Sternwarte vom August desselben Jahres.

Für meine Person möchte ich glauben, daß man aus diesen verschiedenen „Dankopfern“ wohl schließen könne, wie stark der Nervenzusammenbruch um 1885/86 auf Abbe gewirkt habe. Ich glaube, daß er sich damals von dem bereits 1869 begonnenen Rechenwerk innerlich abwandte, weil er fühlte, daß seine Nerven Anforderungen solchen Ausmaßes nicht mehr gewachsen seien. Da er aber nach der Apochromatarbeit noch große Pläne hatte, so mag er schon damals mit dem Gebrauche der Schlafmittel begonnen haben.

Wirklich genaues läßt sich dazu nicht mehr feststellen: weder Abbés beide Töchter noch der mit ihrer Genehmigung befragte Hr. H. Berger, Abbés Nervenarzt in den Jahren 1903/04, können dazu bestimmte Aussagen machen. Hr. H. Berger, für dessen freundliche Auskunft ich meinen herzlichsten Dank sage, hält es aber für recht wohl möglich, daß die Verwendung der Schlafmittel so weit zurückreiche: Abbe habe ihm gegenüber später mehrfach betont, daß er nicht

gründlich arbeiten könne, wenn er nicht volle zehn Stunden Schlaf hätte.

Man wird sich also vorstellen müssen, daß die innere Liebe zu seinem Lebenswerk Abbe zu jenen Mitteln greifen ließ, die seiner Arbeitsfähigkeit schon merklich vor dem Eintritt in das 65. Lebensjahr ein Ziel setzten. — Wenn man aber den Wunsch, seinen Kranken zu helfen, als den Grund anerkennt, der manchen abgearbeiteten Chirurgen zu Reizmitteln greifen läßt, so sollte, namentlich wer von Abbes späterem Lebenswerk sei es unmittelbaren, sei es mittelbaren Nutzen hatte, den Gebrauch jener Schlafmittel bei unserm Meister nicht anders auffassen denn als die bewußte Hingabe seiner Gesundheit an ein sonst unerreichbares großes Ziel.

Die für 1885/86 gut gesicherte Überarbeitung mag Abbes älteren Widerwillen gegen dieses letzte große Rechenwerk noch gesteigert haben, und die glückliche Verwertung von P. Rudolphs Rechenkunst hat ihm — mindestens vorläufig — die Abwälzung der trigonometrischen Berechnung der Mikroskopobjektive, der Okulare und anderer Teilgeräte in das Bereich des Möglichen gerückt. Auch abgesehen von dem Rechenwesen war nach der Veröffentlichung der Apochromate bestimmt noch sehr viel verantwortungsvolle Arbeit zu leisten, und die Überlegungen, wie sie aus dem „Ministerialfonds für „wissenschaftliche Zwecke“ vom April/Mai 1886 zur „kleineren“ Carl-Zeiss-Stiftung <sup>27</sup> 290 vom November 1888 führten, werden ihn auch in seinem Innern beschäftigt haben. Und so mag es gekommen sein, daß er — zunächst zögernd und aushilfsweise — zu Schlafmitteln griff, um sich den ihm unentbehrlichen zehnstündigen Schlaf zu verschaffen.

S. Czapski mag sich seit dem Jahre 1885, wo er (S. 147  $\beta$ ) wohl seinen ständigen Aufenthalt in Jena nahm, mit der Sammlung der Einzelheiten für sein großes Werk, die Theorie der optischen Instrumente nach Abbe, abgegeben haben. Freilich wurden ihm auch andere Aufgaben anvertraut, wie wichtige Besprechungen für die Zft. f. Instrumentenkunde und eingehende Mitteilungen über das Jenaer Glaswerk, die

er gerade 1886 hat erscheinen lassen, aber die Sorge für jenes wichtige Buch wird ihm an erster Stelle gestanden haben.

Dieser Hinweis auf das Czapskische Buch mußte darum hier Platz finden, weil wir eben durch dieses Werk allein den Umfang der Lehre von der Strahlenoptik kennengelernt haben, den Abbe in seinen Vorlesungen behandelte. Wie schon S. 147  $\alpha$  gesagt, wird Czapski als Optiker durch dieses Werk weiterleben.

Doch geht man weiter auf Abbe und nunmehr seine Arbeit an der Stiftungssatzung nach dem Jahre 1886 ein, so hat er <sup>27</sup> 290 noch im November 1888 seinen eigenen Text der Urkunde für die Carl-Zeiss-Stiftung vollendet. Damals hat er bereits auf das eigene Vermögen verzichtet, und schon zeigte sich in jener Stelle neben den Abschnitten 1 und 2, die nunmehr zuerst die Pflege der unter seiner eigenen Mitwirkung in Jena eingebürgerten Zweige wissenschaftlicher Industrie sowie die Förderung mathematisch-naturwissenschaftlicher Studien an der Jenaer Hochschule betonten, der offensichtlich später hinzugefügte Abschnitt 8<sup>a</sup>, der die Erfüllung größerer sozialer Pflichten fordert.

Das stimmt aufs beste zu seinen in <sup>27</sup> 286/89 zusammengefaßten Bestrebungen dauernder Herabsetzung der Arbeitszeit und zu der Anerkennung sozialer Pflichten des Unternehmers, wovon in <sup>27</sup> 286/88 aus seinen politischen Reden des Jahres 1894 ergreifende Proben ausgewählt sind.

Die weitere Bearbeitung nahm er mit den ihm nahe vertrauten Weimарischen Staatsbeamten H. Eggeling, A. Guyet und K. Rothe in einer Reihe gemeinsamer Sitzungen vor, so daß diese erste Fassung der Stiftungssatzung am 10. Mai 1889 die Bestätigung des Großherzogs erhalten konnte.

Danach wundert es den Leser nicht, daß in den „Wünschen und Anträgen“ nach <sup>28</sup> 302/03 vom 21. und 23. Juni 1891 die soziale Fürsorge eine sehr große Rolle spielt. Es finden sich darin <sup>28</sup> 302  $\text{§}$  die Grundsätze angegeben, nach denen er dem einmal bestehenden und nicht wegzuleugnenden Interessengegensatz zwischen Unternehmer und Arbeiter-

schaft ein wirksames Gegengewicht in der planmäßigen Pflege der gemeinsamen Interessen zu bieten wünschte. Ja dieser Zeitpunkt ist sogar besonders entscheidend, weil Abbe jenes Schriftstück gleichsam für den Tag vorbereitet hatte, an dem er 25 Jahre zuvor in die Werkstätte eingetreten war. Es ist für Abbes Wesen kennzeichnend, wie er von seinem Standpunkte aus die Feier dieses Tages gestaltete. Nach <sup>28</sup> 301  $\gamma$  hat er „den versammelten Angestellten, Werkführern, Vorarbeitern und Krankenkassenvorständen“ selber die erste Kunde von der Errichtung der Stiftung geben und sie über die Befürchtung beruhigen wollen, daß etwa durch die Bürgerschaft des Staates für die Stiftungssatzung die staatsbürgerliche Freiheit der Angestellten und die Unabhängigkeit ihrer Ansichten beschränkt werden könnte. Leider mißlang die kurzschriftliche Aufnahme der Rede, so daß man sich heute aus den kurzen und unvollständigen Mitteilungen nur ein sehr ungefähres Bild von ihrem Inhalt machen kann.

Für Abbes Wesen besonders kennzeichnend ist seine aus eben dieser Zeit stammende Bemerkung <sup>28</sup> 303  $\delta$ , daß er die Verkürzung des Arbeitstages auf 9 Stunden schon im Herbst 1890 durchgeführt hätte; er habe aber schließlich doch davon abgesehen, weil er gewünscht habe, nach der Verfassungsänderung den günstigen Eindruck auf die Belegschaft dem neuen Inhaber zugute kommen zu lassen.

Verständlicherweise machte die Verkündung des Übergangs der Betriebe (der optischen Werkstätte und des Glaswerks) an die Stiftung vom 3. Juli 1891 eine Neubearbeitung der ganzen Satzung wünschenswert. — Es kennzeichnet Abbes Sorgfalt, wenn wir etwa <sup>31</sup> 228/29 hören: „Ehe er die Statuten seiner Stiftung entwarf, nahm er erst einen juristischen Kursus und arbeitete alle in Frage kommenden Materien des Bürgerlichen Gesetzbuches sorgfältig durch. Es stellen deshalb aber auch diese Statuten nach Ordnung, Sprache und Inhalt ein juristisches Meisterwerk dar, wegen dessen ihn die juristische Fakultät zu Jena durch Verleihung des Doctor juris honoris causa auszeichnete.“

Da nach <sup>28</sup> 302 ε diese Ehrenpromotion am 13. Dezember 1896 stattfand, so wird sich die Anführung vermutlich auf die gedruckte Stiftungssatzung <sup>3</sup> 262 ff vom 26. August 1896 beziehen.

### Ernst Abbe als Mitglied der Geschäftsleitung.

Mit den letzten Sätzen sind wir, um Abbes Arbeiten an der Stiftungssatzung nicht allzu früh zu unterbrechen, über einen besonders tiefen Einschnitt in seinem Leben hinweggeglitten. Er wurde durch die Auseinandersetzung mit Roderich Zeiss gebildet und soll hier im einzelnen nicht behandelt werden, da mir, wie auch in <sup>28</sup> 298/99 auseinandergesetzt, die notwendigen Unterlagen nicht zur Verfügung stehen. Vielleicht würde ich bei meiner geringen Erfahrung in Geschäften von so großer Bedeutung zu einer abschließenden Beurteilung nicht einmal geeignet sein. Jedenfalls habe ich dort für die Trennung der beiden Partner auf <sup>24</sup> 89/90 verwiesen.

Noch im Jahre 1889 ging Abbes gesamter Besitz an der optischen Werkstätte und dem Glaswerk innerhalb der gesetzlich zulässigen Grenzen an die Carl-Zeiss-Stiftung über, und an die Spitze des Unternehmens trat die Geschäftsleitung als Gemeinschaft der zunächst auf die Zahl 3 beschränkten Geschäftsleitungsmitglieder; zunächst waren das nach der Reihenfolge der Anfangsbuchstaben E. Abbe, S. Czapski und O. Schott.

Man weiß nach <sup>24</sup> 90/91 = <sup>28</sup> 311/12 aus einer Niederschrift M. Fischers, wie ernst es Abbe mit seiner Einarbeitung in die ihm zunächst fremde, kaufmännische Tätigkeit nahm, und es wird sich empfehlen, jenen Abschnitt dafür nachzulesen. Man wird daraus zugleich erkennen, wie große Anforderungen dabei an Abbes Dienstzeit gestellt wurden; freilich hat er sich nach dem Zeugnis des Berichterstatters ungemein rasch in die neue Tätigkeit hineingefunden.

Mir mag hier die Bemerkung gestattet sein, daß es mir einen bleibenden Eindruck gemacht hat, wenn ich M. Fischern

noch in seinen letzten Lebensmonaten von dieser seiner ersten Berührung mit dem Meister berichten hörte. Obwohl er damals von der Vollendung des 73. Lebensjahres nicht fern war, hat er mit Bewunderung und Verehrung das Wesen Abbes nach jener, damals mehr als 38 Jahre zurückliegenden Zeit geschildert: sein Gefühl war ihm jung und frisch geblieben, und ich habe diese meine letzten Begegnungen mit dem alten Herrn Fischer in dankbarer und ehrerbietiger Erinnerung behalten.

Abbe selber hat mehrfach über die wirtschaftlichen Leistungen in der Führung der optischen Werkstätte gesprochen, woran er mit seinen Partnern, zunächst Carl Zeiss und später Roderich Zeiss, beteiligt gewesen war, während er nach 1889 in hohem Maße selber die wirtschaftlichen Entscheidungen bestimmte.

Natürlich sollte man nicht verkennen, und Abbe selbst wollte das gewiß nicht verschwiegen wissen, daß er 1875 von seinem älteren Partner in ein sicher begründetes und mit Hingebung geleitetes Geschäft aufgenommen wurde, aber es stand zur Zeit von Abbes erster und die Zukunft bestimmender Leistung mit 20 Arbeitern noch auf der Stufe des kleinen Handwerksbetriebes. Es ist übrigens recht bezeichnend, daß im September 1872 nach dem vorläufigen Abschluß des Rechenwerks die Belegschaft auf 30 Köpfe vermehrt worden war. Ein Kennzeichen des fabrikmäßigen Betriebes, die Herstellung mindestens der Linsen in Teilarbeit, scheint um 1867/68 von Abbe (s. S. 27/28) ohne Beteiligung des Besitzers erprobt und seit 1869 grundsätzlich eingeführt worden zu sein. Gegen Ende der 70er Jahre wurde dann aber <sup>3</sup> 80 ff (s. S. 91  $\omega$ ) auf Anregung von Roderich Zeiss eine regelrechte kaufmännische Verwaltung eingerichtet, es wurden die Fabrikräume erweitert, elementare Kraft gesteigert verwendet und die Arbeitsteilung auch für die mechanischen — im Gegensatz zu den oben erwähnten rein optischen — Arbeiten durchgeführt. Die Bedeutung aller dieser Änderungen mit dem Ziele der Entwicklung zu einem Großbetriebe hat Abbe an anderer Stelle <sup>3</sup> 139  $\beta$ ,  $\gamma$  geschildert, und zwar erkennt man daraus zweierlei deutlich,



daß er über die Bedeutung seiner Mitwirkung klar sah und daß er ferner nicht daran dachte, den Mehrertrag als ihm gehörig zu beanspruchen. Seine Worte lauten: . . . „Und „mein alter Freund Zeiss hat mir vollkommen zugegeben, „daß es ohne diesen Erfolg mit ihm zu Ende gewesen wäre; „mit seiner gewohnten Ehrlichkeit hat er mir gesagt, daß er „von anderen überholt worden sei, und wenn es nicht ge- „länge, einen neuen Anlauf zu nehmen, so würde der bis- „herige Erfolg wieder verlorengehen. Auf seine Autori- „tät hin kann ich nun sagen: von diesen [seit 1871 her- „gestellten] 10 Millionen Mark Mikroskopen wären  $9\frac{1}{2}$  Mil- „lionen sicher nicht erzeugt worden, wenn ich nicht dabei „gewesen wäre.“

„Trotzdem aber, sage ich, habe ich niemals auf den Ge- „danken kommen können, daß der Erfolg mein persönliches „Verdienst sei, oder daß ich einen persönlichen Anspruch auf „den erzeugten Mehrwert oder auf mehr als einen bescheidenen „Teil desselben hätte.“ . . .

Es ist nicht anders, auch als Leiter eines feinoptischen Unternehmens von Weltruf hat er eine überragende Fähigkeit bewiesen. Gerade als ein erfolgreicher Leiter unterscheidet er sich etwa von seinem genialen Zeitgenossen I. Porro: eben Abbe erst vermochte die gewaltige Bedeutung der Porroschen Bildumkehrung durch Spiegelung dadurch zu erweisen, daß er dem Prismen-Doppelfernrohr die Gestalt gab, mit der es sich die Welt erobern konnte.

### **Die Errichtung der verschiedenen Abteilungen.**

Man kann es wohl verstehen, daß Abbe nunmehr mit der in gewisser Weise nach Seite 96  $\gamma$  schon um 1879 herum versuchten Ausdehnung der Tätigkeit der Jenaer Werkstätte auf neue oder nur wenig bestellte Gebiete Ernst machte. Eine ganze Menge gesicherter Tatsachen sind dazu <sup>28</sup> 314/30 zusammengetragen worden, worauf hier ausdrücklich zu verweisen ist. Es wird an dieser Stelle genügen, nur die Hauptergebnisse anzuführen.

Die Meß-Abteilung wurde schon 1874 begründet, und Carl Zeiss brachte damals auch ein Werbeblatt heraus, das wie so manches andere von C. Poppe für die Sammlung der Zeissischen Werbeschriften gerettet worden ist. Abbe hat sich <sup>28</sup> 318/19 auf die so eröffnete Bezugsmöglichkeit 1891 ausdrücklich berufen und sich bereits um das Ende des Jahres 1890 herum bemüht, eine solche Abteilung zu gründen. Er dachte dabei (s. auch S. 188  $\alpha$ ) nicht daran, eine ergiebige Einnahmequelle zu gewinnen, denn diese Abteilung sei einer fabrikmäßigen Entwicklung nicht fähig. Sie sei aber wertvoll als eine Schulungsstätte tüchtiger technischer und wissenschaftlicher Kräfte für die feinere Technik und biete eben durch diese Besonderheit ein Gegengewicht gegen das einer fabrikmäßigen Herstellung gemäße Streben, die Aufgaben sämtlich in einer — als wirksam erprobten — Eintönigkeit zu erledigen. Als Leiter der Abteilung gewann er den Bonner Privatdozenten C. Pulfrich.

Dieser ältesten Abteilung versuchte er nach <sup>28</sup> 314  $\beta$  im Jahre 1884 eine weitere an die Seite treten zu lassen, worin größere astronomische Objektive vornehmlich aus den neuen Glasarten hergestellt werden sollten. Er hatte dazu (vergl. a. S. 147  $\beta$ ) S. Czapskin in der Bambergischen Werkstätte zu Berlin ausbilden lassen. Nach dessen Schilderung ist damals kein wirklicher Erfolg erreicht worden, dagegen erkennt man aus <sup>28</sup> 311  $\alpha$  ganz deutlich, daß Abbe im Juni 1891 an seinen alten Absichten festhielt und sie bei gegebener Gelegenheit verwirklichen wollte. Da er diese Möglichkeit in engstem Zusammenhang mit der Errichtung der Meß-Abteilung behandelte, so mag er 1891 vielleicht auch besonders an die erweiterte Schulungsmöglichkeit gedacht haben. Verwirklicht hat er seine alten Pläne erst 1896 durch die Gewinnung von M. Pauly und später von Fr. Meyer.

Ganz anders ist er aber bei der Begründung der photographischen Abteilung vorgegangen. Man wird wohl anzunehmen haben, daß er bereits in den ersten Monaten des Jahres 1888 die [Coddingtonschen] Formeln neu ent-

wickelt hatte, mit denen (s. a. S. 181  $\psi$ ) er dem erprobten Rechenmeister P. Rudolph das Werkzeug in die Hand gab, die Strahlenvereinigung von Aufnahmelinsen längs schiefen Bündeln zu untersuchen. Nebenbei hatte er ihn zur Untersuchung auch auf zwei Möglichkeiten von freilich sehr verschiedenem Werte hingewiesen.

Rudolph hat die aussichtsreichere davon nicht nur durchgearbeitet, sondern auch herstellen lassen, aber schon 1890 erwies sich sein eigener Grundgedanke für eine Aufnahmelinse mit geebnetem Felde um so glücklicher, als zu seiner Verwirklichung bestimmte, damals neu erschmelzte Glasarten (namentlich schweres Kron) erforderlich waren. Da es ihm auf diese Weise gelang, in den Anastigmaten das punktmäßige Bildfeld der neuen Aufnahmelinsen immer besser zu ebenen, so bedeutete diese Erfindung einen von der Fachwelt allgemein anerkannten, großen Fortschritt auf dem in Jena bisher überhaupt nicht bestellten Felde der Aufnahmelinsen.

Der große Beifall, den sich diese Linsenformen rasch auf dem Weltmarkt errangen, brachte Abben schon früh dazu, Nutzungsrecht-Verträge <sup>28</sup>315  $\psi$  auszubauen, womit er einem sprunghaften Anwachsen der Arbeiterzahl für diese Linsen in Jena entgegenzuwirken hoffte. Nach der in den 90er Jahren in der Werkstätte lebendigen Überlieferung wurde ein bestimmter Bruchteil dieser unter dem Patentschutz eingehenden Nutzungsrecht-Abgaben an P. Rudolph in der Sprache der Stiftungssatzung als „ein der Billigkeit entsprechender Anteil „an den Vorteilen“ regelmäßig überwiesen.

Die Selbständigkeit der Rudolphschen Erfindung hat Abbe 1897 <sup>3</sup>140  $\gamma$  freudig anerkannt. Rudolph war danach der einzige unter den Abteilungsvorständen, der gleich von Anfang an aus Eigenem Werte schuf und späterhin durch weitere wichtige Erfindungen das Feld bereitete, auf dem nach seinem Ausscheiden von seinen Amtsnachfolgern reiche Ernte geborgen werden konnte.

Die erstaunliche Begabung Abbes zeigte sich besonders bei der Gründung der Tele-Abteilung, deren Grundmauern

im Frühling und Sommer von 1893 gezogen wurden. Später wird noch des entscheidenden Einflusses der neuen Erfindungen auf den Abbruch älterer Rechnungen zu gedenken sein. Soweit wir uns die Geschichte dieser Erfindung noch zusammenstellen können, mag Abbe — von dem stereoskopischen Entfernungsmesser ausgehend — zunächst namentlich daran gedacht haben, die Leistung des Helmholtzischen Telestereoskops von 1857 auf eine wirksame Weise mit möglichst einfachen Spiegelprismen zu erzielen. Dabei wird er wohl auch seiner damals etwa 20 Jahre alten und fast vergessenen Erfindung von Seite 41  $\alpha$  gedacht haben. Aber wie er nach dem ihn völlig überraschenden Einspruch des Reichs-Patentamts durch die Betonung der Längenverminderung und die Förderung beidäugigen Sehens ein schutzfähiges Gerät von erstaunlichem Handelswert der von ihm betreuten Werkstätte sicherte, das wird einem jeden einen tiefen Eindruck machen, der ohne Voreingenommenheit den in <sup>28</sup> 321/27 mitgeteilten Vorgang auf sich wirken läßt.

Bei dieser Gelegenheit mag auch noch der Begründung der Patentabteilung im Herbst 1898 durch Abbe gedacht werden. Man wird für die ihn dabei leitenden Gedanken auf seine große, kurz zuvor gehaltene Rede vom Dezember 1897 zurückverweisen können, wo er in <sup>3</sup> 140/41 von dem Schutz für Erfindungen aus dem Arbeitsgebiet der Werkstätte handelt hat.

Aus der gemeinsamen Tätigkeit heraus fänden stets Personen Anregung zur Lösung von neuen Aufgaben, und sie erhielten in den Stiftungsbetrieben auch die Möglichkeit, ihre Gedanken zu verwirklichen, erfreuten sich also einer Gunst der Lage, die Abben selber nach Seite 41  $\omega$  im Jahre 1873 versagt geblieben sei. Daher wurzele ihr Erfolg eben in dem Zusammenarbeiten, denn der Erfinder allein vermöge nichts, und die technische Arbeit ohne ihn ebenfalls nichts. Infolgedessen liege nach des Meisters Auffassung klärlich Gemeineigentum vor, das unter keinen Umständen verteilt werden dürfe. — Dem Erfinder erkannte Abbe nach der Stiftungs-

satzung <sup>3</sup> 305  $\gamma$  einen der Billigkeit entsprechenden Anteil an den Vorteilen zu, die der Stiftungsbetrieb durch ihn gewonnen habe.

Es ist verständlich, wenn Abbe suchte, durch die Begründung einer eigenen Patentabteilung die Bedingungen dafür zu schaffen, daß der gesetzlich mögliche Schutz der Erfindungen gegen Wettbewerber im In- und Auslande schnell und wirksam zu beschaffen war. E. Dönitz war der erste, 1898 in das Werk berufene Vorsteher der neubegründeten Abteilung.

Die überragende Bedeutung Abbes geht aus den Einzelheiten bei der Errichtung so vieler Abteilungen deutlich hervor. Von den neu berufenen Vorständen hat er, wie gesagt, 1897 allein den Rechenmeister P. Rudolph einer namentlichen Erwähnung gewürdigt; doch wird man auch in diesem Falle sagen können, daß der Erfolg ohne die Entwicklung der [Coddingtonschen] Formeln für schiefe Bündel, wie sie von Abbe geleistet worden war, nicht eingetreten wäre, noch ohne die von O. Schott bereits erschmelzten Arten schweren Kronglases, wie sie der allgemeinen Abbeschen Glasforderung S. 99  $\alpha$  entsprachen.

Bei den übrigen Abteilungen war Abbes eigene Persönlichkeit anfänglich in einem wesentlich höheren Maße beteiligt, und seine Verdienste wurden etwa in der Mitte der 90er Jahre in dem damaligen Kreise der Abteilungsvorsteher auch nirgends bestritten.

Um so liebenswerter wird der Unbefangene Abbes Stellung zu den von ihm berufenen Abteilungsvorstehern empfinden, wie er sie nach <sup>3</sup> 337/41 1895 niedergeschrieben hat. Hier sei daraus zum Beleg seiner eigenen Einstellung das Folgende <sup>3</sup> 339  $\omega$  angeführt:

„Die relativ wenigen Personen im Beamtenkreis der „Stiftungsbetriebe, auf welche der besondere Auftrag zur „Vertretung einer Firma und zur Leitung ihrer Angelegenheiten entfällt, können nun, wie tüchtig und leistungsfähig „sie sein mögen, auf Erfolg ihrer Tätigkeit nur dann rechnen,

„wenn sie der bereitwilligen Unterstützung einer größeren Zahl ebenbürtiger Mitarbeiter sicher sind, vor welchen sie selbst im allgemeinen nichts weiter voraushaben werden, als die sozusagen zufällige Qualifikation gerade für die besonderen Funktionen, die ihnen aufgetragen sind, denen gegenüber aber die Tätigkeit der andern als durchaus gleichwertig zu erachten ist. . . .“

Seine eigene Stellungnahme zu den höheren Beamten seines Betriebes wird man schon hieraus erkennen. Zur Ermittlung etwa seiner Grundansichten über die Beamtenstaffelung und über das große Gewicht, das er dem Bestehen und Wirken eines obersten Kollegiums beilegte, würde man zum mindesten <sup>3</sup> 338/41 heranziehen müssen, was hier nicht geschehen soll. Das hier mitgeteilte wird genügen, dem Leser die Gefühle der Dankbarkeit und Verehrung glaublich zu machen, die man gegen ihn empfand.

### **Abbes Tätigkeit hauptsächlich auf sozialpolitischem Gebiete.**

Abbes politische Reden denke ich hier nicht eingehender zu behandeln, obwohl auch aus ihnen sein gegen alle Ungerechtigkeit leicht zu entflammendes Herz spricht, aber sie beziehen sich nicht auf sein Lebenswerk.

Es handelt sich hier um zwei Reden: Die erste „Zur Frage der Sonderbesteuerung des Konsum-Vereins“ wurde am 27. Oktober 1898 gehalten, um <sup>3</sup> 158  $\omega$  den Versuch zurückzuweisen, „die Gemeinde zu einseitiger Parteinahme zwischen verschiedenen Gruppen der Gemeindeangehörigen zu verleiten — um die Machtmittel der Gemeinde in Bewegung zu setzen zugunsten der einen Gruppe gegen die andere, und zwar zugunsten des stärkeren Teils, auf Kosten des schwächeren Teils.“

Die zweite Rede über „Die rechtswidrige Beschränkung der Versammlungsfreiheit im Großherzogtum Sachsen“ wurde am 17. November 1900 gehalten und wies nach, daß die Annahme, die Berufung auf das Polizeigesetz vom 7. Januar 1854

gestatte, politische Versammlungen ohne weiteres zu untersagen, auf einer unrichtigen Auslegung des Wortes „dringlich“ beruhe. Dieses Wort sei damals allein auf die Zeit bezogen worden, und dringliche Gründe seien solche Gründe gewesen, die ein sofortiges Handeln der Polizeibehörden erheischten. Gegen weitere Übergriffe der Polizei könnte man auf Grund eben dieses alten Gesetzes den Schutz der Gerichte anrufen.

Mit dem Nachstehenden soll also dem Leser in den Hauptzügen nur der Inhalt der Abbeschen sozialpolitischen Reden angegeben werden, von denen ich die beiden ersten allerdings nicht selber mit angehört, sondern nur gelesen habe. Ich bin auf diesem Gebiete kein Fachmann wie auf dem opto-technischen, und daher werde ich mich besonders streng an seinen im Druck niedergelegten Gedankengang zu halten haben.

Sollte jemand die Frage stellen, warum sich Abbe zu diesen Fragen, die ihn offenbar schon lange beschäftigt hatten, erst vom März 1894 ab geäußert habe, so wird man die Antwort am besten mit seinen eigenen Worten zu Beginn seines ersten politischen Vortrags geben. Er sagt vor seinem Bericht über die Frage, welche sozialen Forderungen die Freisinnige Volkspartei sich zu eigen machen solle, in <sup>3</sup> 4 β das Folgende:

„Betreffs meiner Legitimation hierzu kann ich mich allerdings, nicht berufen auf ein gründliches, systematisches Studium der volkswirtschaftlichen und sozialen Theorien und selbst nicht einmal darauf, daß ich etwa in der öffentlichen Diskussion dieser Angelegenheit praktisch mich schon betätigt hätte. Zum einen wie zum andern haben meine sonstigen Pflichten mir Zeit und Kraft nicht übrig gelassen. Diesem Mangel gegenüber kann ich mich jedoch auf etwas berufen, was in der Art, wie ich es habe, nicht viele haben können: eine eigene lebendige Erfahrung.“

Und diese Erfahrung richtete, sozusagen, ihre Augen nach zwei verschiedenen Seiten: er war, wie wir von Seite 35 ω und 45 γ wissen, von 1871 und namentlich von 1875 ab dazu gekommen, die fabrikmäßige Arbeit vieler zu gliedern und zu leiten. Und da diese Tätigkeit Erfolg hatte, so war er mit der Zeit auch Kapitalist geworden und mußte als solcher den angesammelten Ertrag vorausgegangener Arbeit als verfügbare Mittel für die weitere Arbeit voraushalten und sichern. Er mußte also in seiner Stellung die Erscheinungen des Wirtschaftslebens vom Standpunkt des Unternehmers und des Kapitalisten ins Auge fassen <sup>3</sup> 4 ω. „Gleichzeitig aber habe ich sie auch immer betrachten müssen, mit den Augen des Arbeitersohnes, dem nicht unter der Hand Unternehmer- und Kapitalistenaugen wachsen wollten. Ich habe also diese Vorgänge gleichzeitig von ganz entgegengesetzten Seiten her ansehen

„können: einerseits unter dem Gesichtswinkel des Unternehmer- und „Kapitalisteninteresses, anderseits aber auch vom Standpunkt des „Interesses der Arbeiter — und dann habe ich, unabhängig von jeder „Beeinflussung durch äußere Rücksichten, aus beiden ein Facit mir „ziehen können unter dem Gesichtspunkt des öffentlichen Interesses „und des Gemeinwohls.“

Er hatte nun die Absicht, auf drei Punkte einzugehen

- A. die Steuergesetzgebung,
- B. den Arbeiterschutz,
- C. Angelegenheiten der Volksbildung.

Im folgenden soll daraus ein Auszug in abhängiger Rede gegeben werden mit Einschaltungen Abbescher Abschnitte, die dem Berichter besonders Eindruck gemacht haben.

### A. Die Steuergesetzgebung.

Wenn man nach der Einkommens- und Vermögensstatistik das Gesamtvermögen des deutschen Volkes auf 160 Milliarden Mark ansetze, so sei zu bemerken, daß davon kein Stück brachliege, sondern daß alles entweder vom Eigentümer selber oder von andern, denen er es zeitweilig überlassen habe, benutzt würde. Die Vermögenswerte würden daher auch allein nach dem Nutzungswerte geschätzt, den sie für den Besitzer insofern haben, als er sie selber nützen oder zu gleichem Zwecke anderen gegen Pacht, Miete, Zins auf Zeit abtreten könne. Infolgedessen habe heute aller Besitz neben seinem ursprünglichen natürlichen Wert, durch seinen Verbrauch Mittel der Lebensführung zu sein, auch noch den andern sehr eigenartigen, ohne dem Verbrauch zu unterliegen, dem Eigentümer Vorteile zu verschaffen, die dem Verbrauch von Besitz ganz gleichartig seien; und zwar, wenn er wolle, ohne jede eigene Tätigkeit, da er immer andere finde, die an seiner Stelle diese Tätigkeit ausübten. Notwendig sei zu einer solchen Ertragsfähigkeit zweierlei: 1. daß die Besitzgegenstände nicht nur Mittel zur Gütererzeugung sein könnten, sondern daß sie es auch sein müßten (insofern als die Wirtschaftstätigkeit des ganzen Volkes genügend gesteigert sei, daß sich immer Bewerber fänden, die sie gegen Entgelt zur Benutzung übernähmen) und 2. daß die Rechtsordnung und der Rechtsschutz des Staates dem Eigentümer die Möglichkeit böten, sie ohne Verlustgefahr aus der Hand und in die Verwahrung anderer zu geben.

Setze man nun als mündelsicheren Zinswert etwa 3 v. H. an, so komme man auf etwa 5 Milliarden Mark als den Betrag des gesamten Zinswerts dieser Art, wobei natürlich jede höhere Kapitalverzinsung nicht mitgerechnet sei, also nicht Unternehmer- oder Handelsgewinn oder alles, was etwa als Risikoprämie zu gelten habe. Die obige große



mündelsichere Zinssumme käme in Deutschland zustande, dadurch, daß die Gesamtheit aller Arbeitenden sie für die Gesamtheit aller Besitzenden dafür aufzubringen habe, daß ihnen die Besitzgegenstände übertragen oder geliehen würden. Verteilte man diese (mündelsichere) Rentensumme gleichmäßig, so ergebe sie etwa 500 Mark jährlich für jede von den rund 10 Millionen Familien oder Haushaltungen im Deutschen Reich.

Nehme man nun nach hoher Veranschlagung an, daß das Durchschnittseinkommen einer 5köpfigen Familie zur Zeit in Deutschland nicht über 1500 Mark betrage, so bleibe unter Berücksichtigung des oben veranschlagten Durchschnittsbetrages der Zinsverpflichtung nur 1000 Mark wahrer Jahresertrag übrig, oder — anders ausgedrückt — im Durchschnitt müßten alle Arbeitenden zwei Tage in der Woche für alle Besitzenden arbeiten.

Ein Mißstand liege bei dieser Zinsverpflichtung nur in der sehr ungleichen Besitzverteilung; denn wenn sich das Gesamtvermögen des Volks durchschnittlich dem Werte der persönlichen Arbeitsleistung entsprechend verteilte, so wäre ein jeder sein eigener Zinsherr und nähme den ihm zustehenden Zinsbetrag auch selber in Empfang: — Die Wirklichkeit sei davon aber weit entfernt: man könne sagen, in Deutschland seien 80 v. H. den reichsten 5 v. H. tributpflichtig. Und das wirke sich verständlicherweise am meisten bei den ärmsten Schichten aus.

Da aber die Reichen von ihrem großen Einkommen nur einen Teil verbrauchten, den Rest aber wieder zinstragend anlegten, so wüchse das Volksvermögen fortwährend rascher als der Ertrag der gesamten nationalen Arbeit, und der von den Arbeitenden aufzubringende Verzinsungsanteil werde ständig größer.

Diese Einrichtungen seien weder sittlich gesund noch gerecht und vernünftig; denn wenn in der Zinswirtschaft auch ein redliches Verhältnis zwischen dem einzelnen Zinsempfänger und dem einzelnen Zinsgeber bestehe, so bewuchere doch die Gesamtheit der Besitzenden die Gesamtheit der Arbeitstätigen, und die Ausschaltung des Zinswesens aus dem Wirtschaftsleben wäre dringend zu wünschen. Dafür biete sich dem Vortragenden der folgende Ausweg. Da, wie oben gesagt, dieser mündelsichere Zins nur vorhanden sei in der Wirtschaft eines betrieb-samen, arbeitstüchtigen Volks mit wohlgeordneten Staatseinrichtungen, so gehöre er auch dem Staate. An ihn sei er auch jährlich abzuführen, und der Staat erhalte damit die Mittel, auf die Besteuerung des Arbeitseinkommens und auf die indirekten Steuern grundsätzlich zu verzichten. Somit komme der Vortragende zu dem folgenden Vorschlage <sup>3</sup> 8α:

„Beseitigung der indirekten Steuern und auch Beseitigung  
„aller Besteuerung des Arbeitseinkommens. Anweisung aller  
„Bedürfnisse von Staat und Reich auf eine reine Vermögenssteuer,

„welche, nach oben progressiv, alle größeren Vermögen besteuert an-  
 „nähernd mit dem Prozentsatz des jeweiligen Boden- und Hypotheken-  
 „zinsfußes — in der ausgesprochenen Absicht, den Zinsabwurf des ge-  
 „samten Nationalvermögens für den Staat (d. h. für Staat und Reich)  
 „in Anspruch zu nehmen.“

Dem Besitzenden wäre alsdann allein der regelmäßige Ertrag  
 eigen, den er etwa durch eigene Arbeit oder durch Übernahme einer  
 Verlustgefahr u. a. über den mündelsicheren Zins hinaus gewönne. Oder  
 wie Abbe es <sup>3</sup> 23 β anschaulich schildert:

„Niemand aber darf, angesichts des gegenwärtigen Vorschlags auf  
 „die Wahrung der „„idealen Güter“““ der Gesellschaft sich berufen  
 „wollen, wie es gegenüber dem Enteignungsprogramm der Sozialdemo-  
 „kratie mit mehr oder weniger Recht geschehen mag. Er müßte sich  
 „sonst sagen lassen, sein Ideal sei das heckende, sich selbst vermehrende  
 „Geld — was allerdings ein sehr ideales Ding insofern ist, als in Wirk-  
 „lichkeit dergleichen nicht existiert. — Weder die Reichen, die für jede  
 „Million ihres Vermögens, sei es z. B. 30000 Mk., an den Staat jährlich  
 „zu geben hätten, noch die Armen, welche dabei in ihrer Lebensführung  
 „erleichtert würden, brauchten deshalb irgendwie weniger gottesfürchtig,  
 „kirchlich und monarchisch gesinnt zu sein, als sie es jetzt sein mögen.  
 „Und der reiche Mann bliebe nach wie vor derselbe reiche Mann, der  
 „alle Vorzüge erhöhter Lebenshaltung und alle Mittel zur Betätigung  
 „sittlich wertvoller Privilegien des Reichtums in Wohltätigkeit, Frei-  
 „gebigkeit und edlem Luxus behielte — mit dem einzigen Unterschied,  
 „daß er jetzt diese Mittel entweder in dem Ertrag seiner eigenen Arbeit  
 „oder in der Substanz seines Vermögens zu finden hätte —, wie es vor-  
 „dem doch auch gewesen ist.“

## B. Der Arbeiterschutz.

Die alte handwerksmäßige Form werktätiger Arbeit schwinde  
 allmählich immer mehr zusammen; sie sei Einzelarbeit des Meisters mit  
 Gesellen und Lehrjungen gewesen und werde nunmehr von dem Unter-  
 nehmer durch die gegliederte Arbeit einer Menge Unselbständiger unter  
 einer viel geringeren Anzahl von leitenden geistigen Kräften in besonderen  
 Fabrikgebäuden mit Maschinen in weitgehender Arbeitsteilung ersetzt.  
 Die alte Einzelarbeit der Kleinbetriebe weiche also vor der Arbeits-  
 gliederung vieler, und zwar sei die neuere Arbeitsform der alten ge-  
 waltig überlegen. Leider gehe die Freude des alten Handwerksmannes  
 am allmählichen Wachsen seiner Arbeit verloren, denn der neue unselb-  
 ständige Arbeiter fertige ja nur Teilstücke an, die durch andere Un-  
 selbständige zusammengesetzt würden, aber die Güte und die Menge  
 der Leistung steige so, daß die Einzelarbeit dagegen nicht aufkommen

könne. In der fabrikmäßigen Arbeit sondere sich immer deutlicher die große Menge der zusammengeschlossenen Unselbständigen von den an Zahl viel geringeren Leitenden. Diese Sonderung stimme nicht notwendig zu der nach Besitzlosen und Besitzenden, denn der Fabrikbesitzer, der vorwiegend mit fremdem Gelde arbeite, die Beamten der Aktiengesellschaften und des Staats gehörten nicht notwendig zu den Besitzenden, während sie im Arbeitsverhältnis als Unternehmer (oder deren Vertreter) den unselbständigen Arbeitern gegenüberständen und tatsächlich verschiedene, ja gegensätzliche Belange verträten.

Des Vortragenden Absicht sei es nun, den Stand, der als Nachfolger des alten Handwerkerstandes die körperliche Arbeit zu leisten habe, den Stand des Fabrikarbeiters, auf eine solche Höhe der Wirtschafts- und Rechtslage zu erheben, daß er trotz der Unselbständigkeit bei der Arbeit die gesunde Grundlage des Volkslebens an Stelle des alten Handwerks zu bilden vermöge.

Es handele sich also um die Fortbildung der Reichsgewerbeordnung und der Arbeiterschutzgesetze zu einem wirklichen Arbeiter- und Unternehmerrecht, dessen wirtschaftliche Belange im nachstehenden angedeutet werden sollen.

Fasse man im Volk die Unternehmer als eine Klasse zusammen, so läge ihnen die Verwaltung der nationalen Arbeitskraft in der Wirtschaftstätigkeit des Volkes ob, und daher falle ihre besondere Tätigkeit in das nach den Anforderungen des Gemeinwohls zu regelnde öffentliche Recht.

Die Gesetzgebung des Deutschen Reichs habe schon an zwei wichtigen Punkten begonnen, Vorsorge für die Schonung und Erhaltung der körperlichen Volkskraft zu treffen und Haftung für den regelmäßigen Verbrauch dieser Volkskraft zu fordern; des Vortragenden Wunsch sei es, seine Partei dazu weitere Antriebe geben zu lassen.

Zu dem ersten Punkte sei zu bemerken, daß die Steigerung der Arbeitsteilung, wie sie auf die Gliederung der Arbeit folge, nicht ausschließlich dem Unternehmergewinn zugute kommen solle, sondern auch den unselbständigen Arbeitern, deren Beschäftigungszeit verkürzt werden müsse. Oder in Abbes eigenen Worten <sup>3</sup> 48 α:

„Es ist kein würdiger Inhalt eines Menschendaseins, nur Rad in „einer Maschine zu sein, was doch die Arbeitsteilung für die meisten, „während der Arbeitsschichten, bedeutet — und es ist keine Grundlage „für die Erhaltung eines höheren sittlichen und geistigen Niveaus und „für die Pflege gesunden Familienlebens in der Majorität des Volkes, „daß der Arbeiter keine andere Abwechslung habe als zwischen strenger „Arbeit und Befriedigung des dringendsten Ruhebedürfnisses.“

Seine Partei solle durchaus alle Bestrebungen unterstützen, die zur Einführung des Acht-Stunden-Tages führten.

Wünsche man nun den regelmäßigen Verbrauch der körperlichen Volkskraft zu gestalten, so sei den sehr schlimmen Folgen der „wirtschaftlichen Freiheit“ entgegenzuwirken, kraft deren jeder Unternehmer dazu mitwirken könne, daß immer mehr Menschen ihren gewohnten Beruf aufgäben und sich in den Fabrikorten zusammendrängten, ohne irgendeine Gewähr von Stetigkeit und Dauer ihrer neuen Tätigkeit. Denn der Unternehmer könne sein Unternehmen so lange fortsetzen, wie es ihm genügend Vorteile zu bieten scheine, und wenn das nicht mehr der Fall sei, so könne er es schließen, und die inzwischen von seinem Unternehmen abhängig gewordenen Menschen könnten zusehen, wo sie blieben. Wenn nach Jahren günstigen Geschäftsganges schlechtere Zeiten kämen, so könne der Unternehmer plötzlich so viele Arbeiter entlassen, wie nötig sei, um ein neues Gleichgewicht zwischen Ertrag und Aufwendungen herbeizuführen, denn niemand vermöge ihn zu zwingen, einen Teil des früheren Gewinnes herauszugeben, um andern über die schlechte Zeit hinwegzuhelfen. Und ebensowenig könne er gezwungen werden, den Leuten entsprechend zu helfen, die in seinem Dienst ihre Kräfte verbraucht hätten oder sonst arbeitsunfähig geworden seien, denn das würde ebenfalls auf eine nachträgliche Herausgabe früheren Gewinnes hinauslaufen.

Was nun die Haftung für den regelmäßigen Verbrauch der Volkskraft angehe, so dürfe man nicht zugeben, daß im Arbeitslohn schon der Ersatz für die durchschnittliche Abnutzung enthalten sei, denn der Staat erkenne ja durch seine Ruhegehaltszahlung an Beamte an, daß es eben mit dem Gehalt allein nicht getan sei. Als haftbar dafür sei anzusehen und heranzuziehen der überschüssige Unternehmergeinn. Auch nach des Redners Ansicht gebühre dem Unternehmer ein Entgelt für seine persönliche Tätigkeit, aber in dem Unternehmergeinn seien nach Abbes eigenen Worten § 50 β Posten enthalten, „die ganz außer „jedem möglichen Verhältnis von Leistung und Gegenleistung stehen „und mit persönlicher Tätigkeit und persönlichem Verdienst der Unternehmer nichts zu tun haben. Dieser überschüssige Unternehmergeinn vieler, der hinausgeht über ein vernünftiges Äquivalent persönlicher Leistungen, ist seinem Ursprung und seinem Wesen nach durchaus nichts anderes als Anteil an dem allgemeinen Überschuß, den regelmäßig oder zeitweilig die gesamte Arbeitstätigkeit des Volkes ergibt, „über die Summe aller anschlagsmäßigen Ausgabeposten hinaus — als „da sind: Verzinsung des gesamten Betriebsfonds, Amortisation der „dem Verbrauch unterliegenden Betriebsmittel und Lohn für alle Arbeitstätigkeit, Arbeiter und Unternehmer zusammengenommen. . . .“

. . . „Eine gesunde Volkswirtschaft aber hat die Summe dieses Überschusses anzusehen und zu behandeln als einen allgemeinen Rücklagefonds in der Verwahrung der Unternehmer. Auf ihn ist einerseits die

„regelmäßige Vermehrung des gesamten Betriebskapitals angewiesen, die eine wachsende Bevölkerung und die Steigerung der wirtschaftlichen Tätigkeit erfordern, anderseits aber ist darauf auch anzuweisen die Deckung der nicht-anschlagsmäßigen Aufwendungen, zu denen gegenwärtig u. a. auch der Verbrauch der menschlichen Arbeitskraft in der Wirtschaftstätigkeit noch gehört. Im übrigen aber hat er als Reserve zu dienen zur Deckung des Defizits, welches zeitweiliger Rückgang der Wirtschaftstätigkeit für einzelne Perioden an Stelle jenes Überschusses ergeben kann, also als Ausgleichsfonds für die unvermeidlichen Schwankungen im Haushalt des Volks.“

Diesen beiden, je Mittwoch den 7. und Mittwoch den 21. März 1894 gehaltenen und bald danach veröffentlichten Vorträgen hat Abbe tatsächlich noch Mittwoch, den 23. Mai 1894, einen dritten über Volksbildung folgen lassen, der nicht veröffentlicht worden ist. Die einzige gleichzeitige Kunde davon findet sich im Jenaer Volksblatt Nr. 119 vom 25. Mai 1894 in dem nachstehenden Wortlaut, den ich der freundlichen Hilfe von Herrn Vopelius verdanke:

„Lokales. Jena, 24. Mai 1894.

„In der gestern Abend im Burgkellersaale abgehaltenen, gut besuchten Versammlung des Freisinnigen Vereins erstattete Herr Professor Abbe sein drittes, die „Volksbildung“ behandelndes Referat über die Frage „Welche sozialen Forderungen soll die freisinnige Volkspartei in ihr Programm aufnehmen?“ Die mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Ausführungen des Herrn Referenten, über die wir noch ausführlich berichten werden, gipfelten in dem Antrag: der in der bekannten ersten, dieselbe Frage behandelnden, These des Herrn Dr. Max Hirsch ausgedrückten Forderung: wesentliche Hebung der Volks-Einheitsschule, obligatorische Fortbildungs- und Fachschulen — noch hinzuzufügen die weitere Forderung:

„Planmäßige Vorsorge der Unterrichtsverwaltung dafür, daß die höheren staatlichen Lehranstalten, Mittelschulen und Hochschulen aus allen Schichten des Volkes Diejenigen zu höherer Ausbildung heranziehen, die zu geistiger Arbeits-

„tätigkeit durch ihre natürlichen Anlagen besonders qualifiziert und berufen sind.“

Über das Schicksal des Wortlauts liegen zweierlei Berichte vor. Der ältere stammt aus S. Czapskis Feder <sup>3</sup> 56  $\gamma$  und wurde in dem am 15. Juni 1906 erschienenen 3. Bande der Gesammelten Abhandlungen Ernst Abbes veröffentlicht. Abbe habe nach dieser Quelle eine Nachschrift verhindert, weil er sich besonders vorbereitet habe und des Wortlauts für eine spätere Veröffentlichung sicher sei. Er sei dazu aber nicht mehr gekommen, und so sei der Inhalt für uns verloren.

Der jüngere Bericht wurde mir am 28. November 1938 von Herrn B. Vopelius abgestattet, und zwar habe er selber mit seinen Freunden den Vortrag III genau so aufgenommen, übertragen und an Abbe übergeben wie den Wortlaut von I und II. Da er aber längere Zeit nichts weiter davon gehört habe, so hätte er Abben gemahnt, und habe von ihm gehört, daß er den III. Vortrag nicht veröffentlichen wolle, da er mit dem Kurator der Universität den Gegenstand der Volksbildung besprochen habe. Er sei von diesem gewarnt worden, seinen Plan so auszuführen; er müsse auch selber befürchten, daß er viele tüchtige Menschen aus ihrer Umwelt herausreißen und sie in eine Umgebung bringen würde, wo sie sich nicht wohlfühlten und vermutlich nicht das Höchste leisten würden.

Zu diesem Bericht paßt einigermaßen <sup>6</sup> 450; mindestens spielen auch dort Gegenwirkungen von Abbes Umgebung mit, die sich wohl dem Einspruch des alten Freundes angeschlossen haben können.

Diese Schilderung würde erklären, warum Abbe später auf seinen Plan nicht mehr eingehend zurückgekommen sei, und auch, daß die Geschäftsleitung in der Zeit unmittelbar nach Abbes Tode die Bestrebungen <sup>23</sup> 341  $\phi$  einer kleinen Gruppe seiner Verehrer, den Volksbildungsplan Abbes zu verwirklichen, nicht unterstützte.

Erhalten hat sich von Abbes Plan <sup>3</sup> 57/58 nur ein mit Lugano, Mai 1895 bedateter Entwurf, und ein weiterer Rest <sup>3</sup> 58/59, der etwa ein Jahr später geschrieben sein mag. Danach hat er den Wunsch gehabt, begabten Schülern, und zwar ausschließlich Söhnen von Vätern, die ihr Brot mit ihrer Hände Arbeit zu erwerben hatten („industrielle

Arbeiter, Kleinbauern, Kleinhandwerker oder dergl.“), ausreichende Mittel zur Ausbildung auf einer geeigneten Schule zur Verfügung zu stellen. Es sollte also ein solches Talent aus den unteren Volksschichten nicht verlorengehen, sondern zum Vorteil des Gemeinwohls für den öffentlichen Dienst herangezogen werden, um „damit zugleich den oberen „Volkskreisen, der Leitung der wirtschaftlichen und öffentlichen Angelegenheiten, solche Elemente zuzuführen, die noch vermöge der eigenen „Lebenserfahrung mit den arbeitenden Klassen Fühlung haben und die „kastenartige Scheidung der Berufsstände in ihren Personen durchbrechen können.“ — Das solle nicht mit dem Gedanken geschehen, dem begabten Schüler einen besonderen Gefallen zu tun, sondern ihm eine Pflicht aufzulegen, damit der Dienst an wichtigeren und schwierigeren Aufgaben nicht gänzlich angewiesen bleibe auf die allzu beschränkte Auswahl von über-mittelmäßigen Köpfen, die der Nachwuchs der Besitzenden für sich allein zur Verfügung stelle.

Wendet man sich noch einmal zu der Aufnahme, die Abbe beiden veröffentlichten Vorträgen in seiner Partei beschieden war, so scheinen sie keine merkliche Zustimmung<sup>1)</sup> gefunden zu haben, sondern werden, was seinen Kampf gegen die wirtschaftliche Freiheit angeht, den leitenden Parteigrößen vermutlich viel zu weit gegangen sein. Uns, den Verehrern des Meisters, erwärmt es das Herz, daß er jene nach beiden Seiten blickende Erfahrung nicht nur besaß, sondern seine Handlungsweise durch sie bestimmen ließ; für ihn und die Seinen gab es — abgesehen von dem als störend empfundenen Zwang des Gesetzes, einen Teil <sup>6</sup> 346 α des Vermögens zurückzubehalten — nur noch Arbeitseinkommen, weder mündelsicheren noch sonstigen Zins und ganz bestimmt keinerlei überschüssigen Unternehmergewinn.

Aber anzunehmen, daß eine solche Opferwilligkeit, eine derartig aufrichtige Erfüllung der Gebote des von ihm selber aufgestellten Rechts einer ganzen Partei mitgeteilt werden könne, möchte uns heute nicht wohl denkbar erscheinen; er blieb darin eben allein, und ich möchte glauben, daß —

---

1) Man wird hier darauf hinweisen können, daß eine polemische Bekämpfung der Sozialdemokratie, wie sie Abbe in \* 25 ω abgelehnt hat, in dem Jahre vor seinen Vorträgen von Eugen Richter <sup>22</sup> mit seinen Sozialdemokratischen Zukunftsbildern versucht worden war.

auch abgesehen von der demokratischen Partei — nur ganz wenige seine Grundsätze anerkannten und sie für die Gestaltung ihres eigenen Lebens wirksam werden ließen.

Der nächste rein sozialpolitische Vortrag Abbes fiel auf den 28. Januar 1897 und hatte die Gewinnbeteiligung der Arbeiter in der Großindustrie zum Gegenstande. — Es sei gleich hier bemerkt, daß in der am 26. Juli 1896 <sup>3</sup> 319 <sup>o</sup> herausgegebenen Stiftungssatzung ein fester Zeitlohn für Angestellte und Arbeiter [§ 66: <sup>3</sup> 291 <sup>β</sup>] eingeführt worden war, der auch bei schlechtem Geschäftsgange von der Betriebsleitung nicht herabgesetzt werden konnte. Wie sich im Laufe des Vortrages herausstellen wird, war diese Festsetzung noch zu erweitern, und dadurch kam es zur Gewinnbeteiligung in den Stiftungsbetrieben.

Der Vortragende müsse sich vor seinen Hörern entschuldigen, daß ihm seine Arbeitsfähigkeit nicht gestattet habe, die Frage eingehend von der geschichtlichen und der wissenschaftlichen Seite zu behandeln, immerhin werde sein Bericht über die Einführung dieser Entlohnungsart in Jena nicht wertlos sein.

In hohem Maße habe diese Einrichtung ihr erster Urheber befürwortet, der Franzose Jean Leclair, in dessen Unternehmen die Bedingungen dafür besonders günstig gelegen hätten; seine Arbeiter waren Stubenmaler, die ohne eigenen Anteil an der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens schwer auf Zeitverlust und Stoffvergeudung zu überwachen gewesen wären. Andere Vertreter dieser Entlohnungsart — in Deutschland Freese — hätten etwa 10 v. H. des jährlichen Reinertrages unter ihre Arbeiter verteilt. Der Vortragende habe dazu zu bemerken, daß auf solche Weise der Lohn des Arbeiters nicht gesichert sei, denn es könne sehr wohl der Gewinnanteil dadurch wachsen, daß man den Lohn des Arbeiters vermindere; und das sei darum wohl möglich, weil bei der Mehrzahl der Fabriken die Lohn- und Gehaltskosten den weitaus größten Teil der Unkosten ausmachten, also eine kleine Ersparnis vom Lohne eine merkliche Steigerung des Reingewinnes zur Folge habe. Er könne aber dieser Einrichtung keinen wirklichen sozialen Wert beimessen; und wenn sie gute Folgen zu haben scheine, so sei der eigentliche Grund in der guten Gesinnung der sie durchführenden Unternehmer zu suchen; solche bemühten sich von selbst, die Belange ihrer Belegschaft zu fördern und ihren Arbeitern günstige Lohnverhältnisse zu verschaffen.

Aber diese an sich erfreulichen Zeichen, sei es von Barmherzigkeit und christlicher Nächstenliebe, sei es von Wohlwollen und Menschen-



freundlichkeit stimmten leider mit wirklich sozialer Haltung nicht überein: die sozialen Aufgaben bezögen sich nicht auf das Verhältnis von Mensch zu Mensch als Einzelpersonen, sondern auf das Verhältnis von Klasse zu Klasse, hier der Klasse der Lohnarbeiter zu der Klasse der Unternehmer; und da müsse sich die höhere Gerechtigkeit, die auf das Wohl des Ganzen gehe, sozusagen kalt hinwegsetzen über die Rücksicht auf die einzelnen, hier eben auf die Schwachen und Unfähigen, wenn sie mit den Belangen der ganzen Klasse in Widerspruch träten.

Und so sei es auch bei der Gewinnbeteiligung: in sozialer Hinsicht sei ihr nur zuzustimmen, wenn man den menschenfreundlichen Standpunkt: Wohlergehen für alle! und den christlichen: Krücken für die Schwachen! ersetzen könne durch den sozialen: Schild und Wehr für die Kräftigen! Nur unter diesen Umständen werde die Gewinnbeteiligung der Arbeiter eine Bedeutung für das Ganze des Volks erhalten.

Während der Vortragende zunächst zur Gewinnbeteiligung der Arbeiter nicht hingezogen gewesen sei, habe er später erkannt, daß sie in seiner Stiftungssatzung ihren Platz finden müsse; denn dort sei jedem Arbeiter oder Angestellten ein fester Lohn als Mindestverdienst zugesichert, der auch dann nicht herabgesetzt werden könne, wenn bei ungünstigem Geschäftsgange die Arbeitszeit eingeschränkt werden müsse. Wolle man aber den Arbeitsvertrag kündigen, so sei das ohne weiteres nur bei solchen Arbeitern möglich, die erst kurze Zeit im Geschäft tätig seien; allen, die drei Jahre oder länger beschäftigt gewesen seien, gebühre bei einer solchen Kündigung eine Abgangsentschädigung, die mindestens einen Halbjahrslohn betrage, aber mit der Länge der Dienstzeit wachse. Diese starke Beschränkung der sonst geltenden gewerberechtlichen Vertragsfreiheit solle in die Entlohnung bei jedem Stiftungsbetriebe eine bestimmte Stetigkeit (s. S. 165  $\alpha$ ) einführen.

Eine solche Einrichtung sei mit der Gefahr verbunden, daß in guten Jahren die Lohnhöhe auf einen solchen Stand gebracht würde, daß der Betrieb in schlechten Jahren darunter Schaden leiden, wenn nicht gar eingehen müßte. Und daher empfehle es sich, das ganze Arbeits-einkommen in zwei Teile zu zerlegen, den einen unwiderruflichen (den Lohn oder das Gehalt) und den zweiten veränderlichen (den Reingewinn-anteil), demzufolge in guten Geschäftsjahren die Belegschaft an der günstigen Lage teilnehmen könne, während er in schlechten Geschäftsjahren einfach weg falle.

Abbe hat zum Schluß seine Ansicht über die Gewinnbeteiligung mit dem folgenden Bilde veranschaulicht <sup>3</sup> 118  $\omega$ : „In dem Wirtschafts-„gefüge der Optischen Werkstätte finden sich zwei Balken, auf welche „wichtige Interessen ihrer Arbeiterschaft sich stützen. Der eine ist ein „strenges Lohnsystem, durch welches der Unternehmer zu bestimmten „Mindestleistungen auch für Zeiten ungünstiger Wirtschaftslage wirk-

„sam engagiert wird; der andere ist die finanzielle Kraft des Unternehmens, von der die Durchführung jenes Lohnsystems abhängt. Solange beide Balken zusammenhalten, hofft man, daß die Arbeiterschaft auch in schlechten Zeiten festen Boden unter den Füßen behalten und daß in Jena die bürgerliche Gemeinde dauernd von den Lasten verschont bleiben werde, die anderwärts ihr aus der Entwicklung der Großindustrie erwachsen sind. Damit aber beide Balken zusammenhalten, müssen sie verbunden sein durch einen besonderen Bolzen: das ist die Gewinnquote, die in guten Zeiten einen Teil des Arbeitsinkommens von den Schwankungen des Geschäftsganges abhängig macht. An diesem Bolzen sitzt nun auch, nach außen allein sichtbar, eine hübsche Rosette: das Erfreuliche, was der Gewinnanteil für die Beteiligten hat. Das Bedeutsame aber ist nicht die Rosette, sondern der Bolzen.“

Die nächste sozialpolitische Rede hielt Abbe gegen das Ende desselben Jahres, am 15. Dezember 1897, in einer allgemeinen Betriebsversammlung. Ich habe darüber schon in <sup>28</sup> 303  $\omega$  ff. gehandelt, kann mich also hier kürzer fassen, als das sonst nötig sein würde, und kann ferner auf Einzelheiten in allen früher besprochenen Reden zurückverweisen. Dadurch wird hoffentlich die innere Notwendigkeit noch klarer werden, die Abben zu seiner Handlungsweise zwang.

Der Anlaß zu dieser nunmehr zu behandelnden Rede war die für die Leitung überraschende Tatsache, daß bei der Schlußabrechnung des Jahres 1896/97 mit recht gutem Geschäftsgange der Gewinnanteil viel kleiner ausfiel, als man noch kurz vorher angenommen hatte. Sobald man dem Grunde davon nachging, ergab es sich, daß der Stücklohn im Verhältnis zum Zeitlohn zu hoch angesetzt worden war. Wenn man nun, wie es bestimmt in Abbes Sinne war, auf die Gewinnbeteiligung — den Bolzen von Seite 171 $\alpha$  — nicht verzichten wollte, so mußte man das Wertverhältnis zurechtrücken, oder mit andern Worten den Stücklohn für die Zukunft minder hoch ansetzen, was natürlich die Stückarbeiter schmerzlich empfinden mußten.

Die Art, wie Abbe diese Aufgabe löste, ist kennzeichnend für seine Verhandlung mit den Arbeitern. Es bot sich hier eine wichtige Gelegenheit, das Mittel <sup>28</sup> 302  $\mathfrak{D}$  zu erproben, und man kann wohl sagen, daß es sich aufs beste bewährt hat. Er nahm also die unvermeidliche Herabsetzung des für den Zeitlohn geltenden Wertverhältnisses zum Anlaß, dem Gegensatz der Ansichten zwischen der Geschäftsleitung und einem großen Teile der Arbeiterschaft auf den Grund zu gehen.

Es handele sich hier um die wirtschaftliche Kraft des Unternehmens, die unbedingt aufrechtzuerhalten sei, weil ohne sie die Lasten der Zukunft (die Alters-, Siechen- und Witwenversorgung sowie die Arbeitslosenversicherung) nicht getragen werden könnten. Teile der Arbeiterschaft dächten allein der Gegenwart, während die Leitung an die Zukunft zu denken habe. Durchaus nicht die ganze Reineinnahme könne verteilt werden, etwa ein Viertel davon sei Gemeineigentum, hervorgegangen aus der gemeinsamen Tätigkeit vieler in der weit durchgeführten Arbeitsgliederung. Dieses Gemeineigentum müßte für die Zukunft vorgehalten werden, und zwar nicht allein für die Deckung der oben-erwähnten Versicherungslasten, sondern auch für die weitere Ausdehnung der Werkstätte und für schlechte Zeiten. Es dürfe auch ferner nicht die Gewinnbeteiligung in einem so guten Geschäftsjahre so niedrig ausfallen, wie in dem vorliegenden, denn die nachträgliche Gewinnauszahlung (der Bolzen in dem Bilde von Seite 171 $\alpha$ ) sei für den Stiftungsbetrieb durchaus notwendig und dürfe nicht durch unrichtige Bewertung des Stücklohns  $^3 155 \phi$  gemindert werden. „Die an Sie gestellte Zumutung ist „nicht eine solche, daß Sie ein wohl erworbenes Recht aufzugeben haben, „sondern nur einen Vorteil, den Ihnen der Zufall ein paar Jahre hin- „durch gewährt hat, auf den Sie aber einen rechtlichen Anspruch nicht „hatten.“ Und dem wunderbaren Manne gelang es in der Tat, das veränderte Wertverhältnis zwischen dem Zeit- und dem Stücklohn ohne schwerere Erschütterung festzusetzen.

Weitere Kenntnis von Abbes sozialpolitischen Ansichten erhält man um das Ende von 1901 durch seine beiden Vorträge „über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Verkürzung des industriellen Arbeitstages“. Man weiß schon von S. 164 $\zeta$  her, daß er schon seit langen Jahren mit Erfolg daran gearbeitet hatte, die Zahl der täglichen Arbeitsstunden in der Optischen Werkstätte zu vermindern. Mit dem Anfang des 20. Jahrhunderts kam die Zeit, wo man versuchte, in Jena bis auf 8 Stunden herunterzugehen. Auch dieser Vortrag ist ( $^{28} 306 \delta$  ff.) schon einmal genauer behandelt worden, so daß man sich auch hier wieder auf die Grundgedanken beschränken kann. Man hat in der Hoffnung, brauchbare Zahlen für den Vergleich zu erhalten, das Jahr vor und das nach Einführung der verkürzten Arbeitszeit ganz eingehend bearbeitet und hat 233 Arbeiter ermittelt, die im letzten Jahr der 9stündigen Arbeitszeit mindestens 3 Jahre im Betriebe standen, mindestens 21 Jahre alt waren und deren Zeitversäumnis in jedem der beiden Jahre unter 300 Stunden blieb und die alle die beiden Vergleichsjahre durchgearbeitet hatten.

Im ganzen habe sich der Stundenverdienst beim 8stündigen Arbeitstage nicht auf 112.5 v. H., sondern auf 116.2 v. H. erhöht, es sei also ein um etwa  $3\frac{1}{3}$  v. H. größerer Arbeitsertrag erzielt worden.

Oder anders ausgedrückt, es hätten in dem zweiten Vergleichsjahr mit 8stündiger Arbeitszeit immer 30 Leute so viel fertiggebracht wie im ersten Vergleichsjahr ihrer 31. Auch bei einer Zusammenfassung nach Altersklassen und nach Betriebsabteilungen habe sich mit einer einzigen Ausnahme — den 20 Schleifern von Mikroskopobjektiven — ein entsprechender Vorteil für die einzelnen Gruppen herausgestellt. Es habe sich ferner ergeben, daß sich die größere Arbeitsleistung beim 8-Stundentage ganz unbewußt, sozusagen selbsttätig, eingestellt habe.

Da diese Ergebnisse gut mit denen übereinstimmen, die man mit dem ebenfalls selbsttätig eingetretenen erhöhten Arbeitsertrage in den englischen Regierungswerkstätten gemacht habe, so habe der Vortragende die hier auftretenden Fragen einer theoretischen Untersuchung unterzogen und die Abhängigkeit der Ermüdung  $V$  des Fabrikarbeiters untersucht und 3 verschiedene Einflüsse — die Größe  $P$  der täglichen Arbeitsleistung, die Geschwindigkeit der Arbeit, den Leergang infolge der gleichartigen Körperhaltung, des Arbeitsgeräusches und der Aufmerksamkeit gegen Schädigungen — unterschieden. Handelte es sich um  $a$  tägliche Arbeitsstunden, so bleiben  $24 - a$  Stunden für die Erholung  $E$  übrig, und es stelle sich bei gegebenem  $a$  und  $24 - a$  ganz selbsttätig eine Arbeitsgeschwindigkeit ein, bei der gelte  $V = E$ . Für einen jeden Arbeiter müsse es also eine Zahl  $a$  geben, bei der  $V = E$  erfüllt wäre für einen möglichst großen Betrag  $P$ , und es sehe nach den englischen und den (wenigen, aber besonders genauen) Jenaer Erfahrungen so aus, als ob bei  $a = 8$  dieser günstige Wert von  $P$  nahezu erreicht werde.

Und so könne der Vortragende nur von Herzen den 8-Studentag empfehlen als ein wahres und wertvolles Entgelt für die Einführung der Teilarbeit, die nach Seite 163  $\omega$  von der Fabrikarbeit nun einmal nicht zu trennen sei. Nach dem englischen Beispiel wäre die Lösung der Einführungsschwierigkeiten möglich. Der Redner fordere dazu auf, die günstige Wirkung der kürzeren Arbeitszeit auf die Ausbildung der geistigen Fähigkeiten des Arbeiters zu vergleichen mit den niederdrückenden Erfahrungen, die er (s. S. 1/2) den eigenen Vater mit 14- bis 16stündiger Arbeitszeit habe machen sehen. Der körperlich außergewöhnlich kräftige Mann sei mit 48 Jahren ein Greis gewesen, seine weniger bevorzugten Kollegen schon mit 38 Jahren. Und so trete der Redner mit Nachdruck und Schärfe dafür ein, den 8-Stunden-Tag für den Fabrikarbeiter Deutschlands einzuführen.

Die letzte sozialpolitische Äußerung Abbes fällt auf den 27. Januar 1902 und steht unter dem Titel „Über die Aufgaben des Arbeiterausschusses“.

Der Vortragende beginne mit der Erinnerung daran, daß der Arbeiterausschuß nunmehr 5 Jahre [seit dem 9. Januar 1897 nach <sup>6</sup> 503]

bestehe und in der letzten Zeit auch mehrfach Gegenstand öffentlicher Besprechung [anscheinend abfälliger Äußerungen von gewerkschaftlicher Seite] gewesen sei. Darum wolle der Vortragende die einem solchen Ausschusse möglichen Aufgaben behandeln.

Zunächst vertrete der Arbeiterausschuß die Belange der Arbeiterschaft und nicht die des Unternehmers. Er habe freilich nur ein Recht zu beraten (auch wenn er nicht gefragt worden sei) und nicht zu entscheiden, aber das ziehe nach des Redners Meinung für die Geschäftsleitung die Verpflichtung nach sich, den Ausschuß anzuhören und danach eine Antwort zu geben.

Weitere Rechte für den Ausschuß seien jedenfalls eng begrenzt: hinsichtlich der Arbeiterschaft würde der Redner in allen wichtigeren Fragen die Abstimmung der Gesamtheit entscheiden lassen. Hinsichtlich der Geschäftsleitung könne der Ausschuß aber nur eine Entscheidung erhalten, wenn er auch die Verantwortung zu übernehmen vermöge, was unter den vorliegenden Verhältnissen nicht möglich sei.

Der Vortragende aber finde beim Rückblick auf die vergangenen 5 Jahre, daß auch der rein beratende Ausschuß recht nützliche Arbeit geleistet habe. Besprechungen seien zustande gekommen über den Bau von Arbeiterwohnungen, über Verbesserung von Betriebseinrichtungen und über die Fortbildung des Arbeitsvertrages sowie die Einführung der 8-stündigen Arbeitszeit. Außerdem aber wirke er durch die regelmäßige Verständigung zwischen Unternehmer und Arbeiter für eine reibungslose Abwicklung der Betriebseinrichtungen.

Wende er sich nunmehr zu dem Ausblick auf die Zukunft, so stimme der Redner hier mit dem oben erwähnten Tadel von gewerkschaftlicher Seite völlig überein: die Anzahl der Ausschußmitglieder — 32 im Anfang, 66 nach 5 Jahren — sei zu groß, und seine Einwirkungen seien zu schwerfällig. Es sei zu überlegen, ob man nicht eine viel kleinere Zahl — die Geschäftsleitung wolle sie nur nicht unter 15 herabgehen sehen — von Mitgliedern ins Auge fassen solle. Sodann sei zu überlegen, ob nicht der Ausschuß öfter ohne Einberufung der Geschäftsleitung zusammentreten solle, etwa um die eigenen Ansichten besser zu klären. Schließlich aber empfehle sich die Beschränkung der Erörterung auf Angelegenheiten von wirklich allgemeiner Bedeutung. Beschwerden von einzelnen oder einzelnen Abteilungen würden besser zunächst in dem gewohnten Geschäftswege erledigt und erst dann vom Ausschuß vor die Geschäftsleitung zu bringen sein, wenn die Arbeiterschaft an diesem Bescheide Anstoß nehme.

Eine Schlußwarnung erscheine dem Redner noch geboten, nämlich die Ausschußangelegenheiten nicht unter dem Zeichen des Klassenkampfes zu führen, denn in dem Stiftungsbetriebe gebe es nur ein Zu-

sammenarbeiten auf dem Boden der friedlichen Interessenausgleichung<sup>3</sup> 261 ω.

„Ich berufe mich darauf, daß alle Fortschritte auf sozialem Gebiete nicht geschehen sind unter der Parole „„Arbeiter gegen Unternehmer““, sondern unter der Parole „„fortgeschrittene Arbeiter und fortgeschrittene Unternehmer gegen rückständige Arbeiter und rückständige Unternehmer““. Und das ist die Parole, unter der ich Sie bitte, daß Sie die Arbeit in diesem Kreise mit uns wieder aufnehmen wollen.“

Wenn man sich die Frage vorlegt, was im einzelnen Abben zu einer so ungewöhnlichen Handlungsweise gebracht haben mag, auf sein Vermögen zu verzichten, im wesentlichen doch, um ein besseres Arbeiterrecht zu schaffen, so wird man wohl hervorheben, daß er sich der Dankbarkeit seinem Elternhause gegenüber früh bewußt und diesem Gefühl immer treugeblieben ist.

Der schreckliche Druck einer 14—16stündigen Arbeitszeit, unter dem er den eigenen Vater mit 48 Jahren ergreifen sah, hat ihn nicht mehr verlassen, und ich möchte glauben, daß das Bild des vor der Zeit verbrauchten Spinnmeisters ihm vor Augen stand, als er in der Lage war, nach 1889 ein besseres Recht für den Arbeiter in den Stiftungsbetrieben durchzusetzen.

An verschiedenen Stellen seiner Rede über den Arbeiterschutz, etwa bei der Ablehnung jeder Wohltätigkeit zugunsten eines besseren Rechts oder bei den verbitternden Folgen des Unternehmerhochmuts auf die seelische Verfassung der Arbeiter, möchte ich eine solche unmittelbare Einwirkung der Kindheitserinnerungen voraussetzen, und im Mai 1896 hat er nach S. 4 β sogar ausdrücklich darauf Bezug genommen, daß sein Vater sich nur mit dem allergrößten Widerstreben Wohltaten habe gefallen lassen.

Auch bei der Empfehlung des achtstündigen Arbeitstages für die Arbeiter im allgemeinen vom Dezember 1901, also aus den letzten Jahren seiner Arbeitsfähigkeit, möchte man an den alten Antrieb denken, dem Arbeiterstande ein besseres Recht zu verschaffen.

Wenn er sich (S. 160  $\omega$ ) im Jahre 1894 selber beschreibt als einen Arbeitersohn, dem nicht unter der Hand Unternehmer- und Kapitalistenaugen wachsen wollten, so wird man schon diese Treue gegen sein Vaterhaus gewiß als etwas Seltenes und Schönes ansehen wollen. Aber wenn diese Treue ihn dazu führte, aus dem Gefühl für die Gerechtigkeit heraus auf Einnahmen zu verzichten, die das geltende Gesetz als seinen unmittelbaren Besitz ansah, dann wird die Bewunderung des Beschauers noch größer, und man wünscht eine Schilderung auf ihn anzuwenden, die er selber  ${}^{376}\gamma = {}^{26169}\alpha$  1896 für seinen alten Partner gegeben hat: Er ist „einer von denen gewesen, „die fähig sind, Motive ihres Handelns, Argumente ihrer Entschliebung durch das bestimmen zu lassen, was noch nicht „ist, was nur ihren Gedanken nach sein sollte — in deren „Sinnen und Trachten so das Zukünftige die Kraft der Kausalität gewinnt, bildend und gestaltend einzuwirken auf das „Gegenwärtige, Bestehende. So allein aber vollzieht sich „aller Fortschritt in menschlichen Dingen, großen und „kleinen.“

### Ernst Abbes technische Arbeiten nach dem Abschluß der Apochromatrechnungen.

Vorausgreifend wird man zu diesem Abschnitt bemerken wollen, daß unser Meister überall, wo es eine der von ihm geschaffenen Abteilungen bedurfte, mit seiner Hilfe eintrat. Daher hat die im nachstehenden versuchte Zusammenstellung der verschiedenen, von ihm bekanntgewordenen Arbeiten etwas Zerhacktes, obwohl die Mitteilungen sachlich geordnet sind. Man kann eben nicht sicher sein, daß wirklich von jedem der Fälle seines Eingreifens eine Erinnerung geblieben ist. Bei einzelnen Aufgaben, wie etwa bei seinen Arbeiten an dem Prismendoppelfernrohr, ist schon eher von einer zusammenhängenden Behandlung zu sprechen.

Unter allen Umständen aber bleibt dem Leser ein leuchtendes Bild von der wirtschaftlichen Bedeutung, die Abbes Persönlichkeit von erstaunlichem Arbeitswillen und unerhörter

Erfindungsgabe für den von ihm ausgebauten Fabrikbetrieb hatte.

Abbes Bemühungen um das Mikroskop. Es ist ganz verständlich, daß Abbe im Jahre 1886, genauer am 9. Juli und vor der Jenaer Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft, seinen ersten Bericht über die neuen (<sup>1</sup> 454  $\omega$  als Apochromate eingeführten) Objektive abstattete. Es handelte sich dabei zu gleicher Zeit um eine Empfehlung der neuen Glasarten, was so weit ging, daß in den von der Werkstätte verteilten Sonderabdrucken der ursprüngliche Titel „Über neue Mikroskope“ unterdrückt und durch den neuen „Über Verbesserungen des Mikroskops mit Hilfe neuer Arten optischen Glases“ ersetzt wurde. Und so erscheint er auch in der schon am 13. Oktober 1886 verlesenen englischen Übersetzung, die aus der Feder von H. A. Miers stammte.

Wer mit dem Inhalt der früheren Schriften Abbes vertraut ist, namentlich soweit sie in englischer Sprache veröffentlicht wurden, erkennt, daß es sich hier um die Feststellung handelt, die alten von ihm seit lange erhobenen Forderungen seien nunmehr mit den neuen Werkstoffen erfüllt worden. Die beiden Farbenfehler, das längst bekannte sekundäre Spektrum und der besonders wichtige, erst von Abbe deutlich hervorgehobene Farbenunterschied der Öffnungsabweichung, seien beide so gut wie vollständig beseitigt. Die Strahlenvereinigung auch bei schiefer Beleuchtung sei so vollkommen, daß man eine sehr viel stärkere Okularvergrößerung mit Vorteil anwenden könne. Dadurch ergäben sich sehr merkbare praktische Vorteile: Erstens könne man jetzt erst die Apertur der Objektive voll ausnutzen, da die sonst unvermeidlichen Farbenfehler der schiefen Bündel im wesentlichen aufgehoben seien. Zweitens könne die stärkste Vergrößerung einer bestimmten Apertur schon mit einem Objektiv von verhältnismäßig langer Brennweite erreicht werden, und die bisher erforderlichen sehr kurzen Brennweiten würden bei der neuen Anlage überhaupt überflüssig. Der Spielraum der Anwendung für jedes einzelne Objektiv wird wesentlich erweitert, weil eine Reihe sehr verschiedener Vergrößerungen bloß durch das Wechseln des Okulars erzielt werden kann. Drittens wird die Herbeiführung einer Farbenhebung von höherer Ordnung bei der Mikrophotographie große Vorteile gewährleisten.

Daneben habe es sich herausgestellt, daß man mit den neuen Formen den Fehler der farbigen Vergrößerungsverschiedenheit (das blaue und violette Bild fällt größer aus als das rote und gelbe) sehr vollkommen durch eine besondere Anlage der Okulare unschädlich machen könne. Das geschehe durch eine entgegengesetzte Abweichung der farbigen Vergrößerungsverschiedenheit bei den Okularen. Natürlich müssen dazu



alle neuen Objektive auf eine und dieselbe Vergrößerungsverschiedenheit abgestimmt werden und alle neuen Okulare auf die entgegengesetzt gleiche. Alsdann ergibt sich auch mit Objektiven verhältnismäßig großer Öffnungszahl im ganzen Umfange des Sehfeldes ein sehr farbenreines Bild, ohne daß die ganze Anlage verwickelter zu werden braucht.

Was nun die Abstufung der Objektivbrennweiten und die ihnen zuzuteilende Öffnungszahl angeht, so kann sie nach den Überlegungen stattfinden, die (s. S. 140  $\gamma$ ) schon vor einigen Jahren auseinandergesetzt wurden. Man muß nur beachten, daß die Übervergrößerung  $\nu = N : n^1$ ), wo  $N$  die Gesamtvergrößerung und  $n$  die Lupenvergrößerung des Objektivs allein bedeutet, bei den neuen Apochromaten und den zugehörigen Okularen auf 12 bis 15 (also viel höher als bei den alten Objektiven und Okularen) angesetzt werden kann. Man vergleiche auch die Czapski'sche Tafel auf Seite 143  $\alpha$ . In der Jenaer Werkstätte wird eine Reihe von Objektiven angeboten, die Aperturen von 0.3 bis zu 1.4 enthält und bei allen gebräuchlichen Klassen (Trocken-, Wasser- und Paßöllinsen) den theoretischen Höchstwert der Apertur bis auf eine Abweichung von 7 % und weniger verwirklicht.

Es läßt sich zeigen, daß die Leistungen der neuen Objektive auf einer früher nie erreichten Stufe stehen. Wenn man sagen kann, daß ein Himmelsfernrohr etwa nach der Fraunhoferschen Anlage eine Strahlenvereinigung von der 4. Ordnung erreiche, so verwirklichen die neuen Mikroskopobjektive eine solche der 11. Ordnung, und diese ausgezeichnete Strahlenvereinigung erlaubt es eben, eine so große Öffnung verwendbar zu machen.

Was die neuen Okulare mit ihrer S. 177  $\omega$  betonten Fähigkeit, die Farbenverschiedenheit der Vergrößerung bei den Objektiven aufzuheben, angeht, so sind sie als Compensationsokulare bezeichnet worden. Der Abstand der Austrittspupille von der augennächsten Fläche ist bei allen Nummern groß genug, um noch ein Zeichengerät anzubringen. Bezeichnet werden sie mit der Übervergrößerung, die ihrer jedes unter Einhaltung der vorgeschriebenen Tubuslänge hervorbringt.

Im Hinblick auf die neuen Hilfsmittel zur Projektion, nach der äußeren Form als Projektionsokulare eingeführt, ist zu bemerken, daß das vom Objektiv entworfene Zwischenbild an derselben Stelle des Tubus entsteht und dann mit einer sphärisch und chromatisch genau korrigierten Linsenfolge, die gegen jenes Zwischenbild im Tubus beliebig einzustellen ist, auf der lichtempfindlichen Schicht oder auf einem Bildschirm entworfen werden kann.

Nur etwa einen Monat nach diesem Vortrage brachte die Jenaer Werkstätte die vom August 1886 bedatete Preis-

1) Auf S. 141  $\delta$  hatte er noch  $\nu = N : [N]$  geschrieben. v. R.

liste „Neue Mikroskop-Objektive und Okulare aus Spezial-„Gläsern des Glastechnischen Laboratoriums (Schott & Gen.)“ heraus, und Abbe wird sich gefreut haben, daß ihr Wortlaut entgegen der sonstigen Übung der Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft in deren Zeitschrift in nahezu wörtlicher Übersetzung erschien. Auch dort ist der wissenschaftliche Grundzug dieser Preisliste anerkannt worden.

Die nächste Nachricht von Abbes Arbeiten am Mikroskop stammt vom Dezember 1889, wo S. Czapski über ein System von der Apertur 1.60 (Monobromnaphthalin) hergestellt nach Rechnungen von Professor Abbe berichtete. Er teilte mit, daß die ersten Arbeiten daran auf das Jahr 1888 zurückgehen, aber zunächst nur nebenbei betrieben wurden, während die Hauptanstrengung auf den Juli und den August 1889 fiel. Er schilderte die Schwierigkeiten, die sich bei der Herstellung der Flintdeckgläser ergaben, die für gewisse Zwecke auch noch durch Traggläser aus Flint zu ergänzen waren. Das Objektiv sei nach Art der Apochromate angelegt und habe auch eine ähnlich gute Strahlenvereinigung. Von homogener Immersion im strengen Sinne sei nicht zu sprechen, da reines Monobromnaphthalin die Brechzahl 1.66 habe, während Deckglas und Frontlinse mit 1.72 etwas stärker brächen. Daher müsse man großes Gewicht auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Deckglasdicke legen und nur reines Monobromnaphthalin verwenden. Sollte es möglich sein, eine Stippflüssigkeit von merklich höherer Brechung — über 1.8 oder 1.9 — aufzufinden, „so würde Prof. Abbe sofort bereit sein, die Berechnung „eines Systems von der Apertur 1.8 oder 1.9 zu unternehmen, da Glas „von genügend hohem Index zur Frontlinse und zum Deckglas ohne „weiteres hergestellt werden könnte.“

Solch eine Flüssigkeit ist Abben nicht vorgelegt worden, so daß er sein Angebot nicht durchführen konnte.

Sehr bald danach, nämlich im Januarheft der Z. f. Instrumentenkunde des Jahres 1890, gab Abbe einen Bericht über die Verwendung des Fluorits für optische Zwecke und setzte zunächst die sehr niedrige mittlere Brechung und mittlere Zerstreuung dieses Kristalls in ihrer Bedeutung für die technische Optik auseinander, um dann auf den Gang der Teilzerstreuung einzugehen. Diese Eigenschaften gäben dem Flußspat einen so großen Vorzug bei der Hebung des sekundären Spektrums in den Apochromaten. Die Hoffnungen, die man noch bei den Schmelzversuchen in Jena seit 1882 gehabt habe, Fluor in die Glasflüsse einzuführen, um praktisch brauchbare Glasarten von ähnlichen Eigenschaften wie Flußspat zu erhalten, müsse man leider zunächst als aussichtslos

ansehen. — Vorversuche mit Flußspatlinsen habe er schon 1881 anstellen lassen, und seit 1884 habe er diesen Kristall auch in Mikroskopobjektive eingeführt (man vergleiche aber S. 147  $\psi$ !). — Den Schluß der Abhandlung bildet der eingehende Bericht über die 1832 entdeckte und völlig erschöpfte Fundstelle besonders klaren und fehlerfreien Flußspats oberhalb der Oltscherenalp in der Nähe von Brienz.

Die nächste Spur davon, daß Abbe an Arbeiten auf dem Gebiete der Mikroskopie dachte, findet sich nach <sup>28</sup> 311 <sup>2)</sup> in seinen Wünschen und Vorschlägen vom 21. Juni 1891, also kurz vor seinem 25. Dienstjubiläum, wo er von der Absicht spricht, einen wissenschaftlichen Mitarbeiter für die Mikroskopie einzustellen.

Vermutlich hat er schon damals sein Augenmerk auf Karl Bratuschek gerichtet, von dessen Tätigkeit in <sup>23</sup> 338/39 alles zusammengetragen wurde, was sich 1918 noch retten ließ. Es handelte sich hier um eine zur Aushilfe bei dem Meister besonders geeignete Persönlichkeit, die sich nach diesen Erinnerungsspuren nicht allein mit Abbes Lehre von der Abbildung im Mikroskop, sondern auch mit seiner Lehre von der Strahlenbegrenzung vertraut gemacht und lebhaft an der Entwicklung von beidäugigen Geräten mit der Bildaufrichtung durch Prismen teilgenommen hatte. Entscheidend für die Bewertung seiner Fähigkeiten fällt ins Gewicht, daß die Leitung sich noch im 14. Jahre nach seinem Austritt große Mühe gab, ihn zurückzugewinnen. Daß er von Abbes unvergleichlichem Wesen einen tiefen Eindruck erhalten hatte, kann ich aus Gesprächen heraus versichern, die ich im Juni 1895, kurz vor meinem Eintritt in die Werkstätte und etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahre nach seinem Ausscheiden, mit ihm führen konnte. Seine umfassende Begabung leuchtete mir sogleich ein, obgleich ich damals noch keine optischen Kenntnisse hatte.

Erst im August 1897 hört man wieder von einem neuen Helfer Abbes, und zwar wurde H. Harting auf die kurze Zeit von zwei Jahren nach Jena gezogen. Über seine Tätigkeit auf mikroskopischem Gebiete ist bereits bei <sup>23</sup> 340 I nach seinen Veröffentlichungen eine Angabe zu finden, daß er analytische Regeln zur Vorrechnung für schwache Mikroskopobjektive

abgeleitet habe. Über seine Tätigkeit für Fernrohrobjektive wird auf S. 192  $\beta$  nachzulesen sein. — Als H. Harting aus der Werkstätte geschieden war, wurde der Verfasser von Abbe als Helfer herangezogen, und zwar vom November 1899 an. Abbe hatte damals einen Plan, das Feld der mittleren und schwachen Mikroskopobjektive zu ebenen, und zwar wurden trigonometrische Durchrechnungen in dem Achsenschnitt dafür angestellt. A. Köhler, der sich der Mühe der Prüfung unterzog, hat tatsächlich bei den schwächeren Achromaten von C abwärts Erfolge feststellen können. — Über die Rechnungen an Linsen und Linsenfolgen mit einer unkugligen Fläche wird auf S. 185/86 nachzulesen sein.

Wendet man sich nun zu der photographischen Abteilung, so scheint nach <sup>24</sup> 103  $\gamma$  Abbe an die Gründung dieser Abteilung schon in den ersten Monaten des Jahres 1888 gegangen zu sein. Und zwar setzte er den am Mikroskopobjektiv bestens bewährten Rechenmeister P. Rudolph heran, dessen erster Rechner Ende März 1888 angestellt wurde.

Als Formelwerk hatte Abbe die — damals in Jena unbekanntes — Coddingtonschen Formeln für den Astigmatismus längs schiefen Hauptstrahlen endlicher Neigung von neuem entwickelt und für die Verzeichnung die Airysche Tangentenbedingung angesetzt, die er freilich später (s. S. 183  $\psi$ ) noch vervollständigen mußte. — Es ist nach seiner ganzen Anlage anzunehmen, daß er jene Ableitung für den Astigmatismus längs schiefen Hauptstrahlen im S.S. 88 oder im W.S. 88/89 bei den Vorlesungen über Dioptrik und Theorie optischer Instrumente eingeführt hat. Dort wird sie Czapski gehört haben, der sie auf S. 69 ff. seiner Theorie der optischen Instrumente nach Abbe zum ersten Male 1891 veröffentlichte.

Nach <sup>28</sup> 314/15 ist einiges über die Einzel-Aufgaben bekannt, die Abbe seinem Helfer um 1888 stellte, doch war die Lösung der hauptsächlichsten darunter von keinem wirtschaftlichen Erfolge begleitet. Die wirtschaftlich wichtige Erfindung geht auf P. Rudolph zurück, der die größere Auswahl, die die neuen zur Erfüllung der Abbeschen Bedingung

erschmelzten Glasarten dem Rechenmeister boten, in der zweckmäßigsten Weise ausnutzte. Das neue unter dem Namen *Anastigmat* auf den Markt gebrachte Objektiv wurde durch das Deutsche Patent 56109 vom 3. April 1890 dem Betriebe gesichert, und da man auch die Schutzrechte in den Ländern mit entwickelter optischer Industrie erworben hatte, so war die Lage der Werkstätte sehr günstig, weil die Neuerung, die später immer vollkommener erreichte Ebenung des punktmäßigen Bildfeldes, von den Benutzern lebhaft gewürdigt wurde.

Abbe nutzte diese günstige Lage <sup>28</sup> 315  $\psi$  dadurch aus, daß er leistungsfähigen Werkstätten in Europa und Nordamerika das Herstellrecht der neuen *Anastigmaten* gegen eine bestimmte Wertabgabe nach <sup>3</sup> 135  $\omega$  = <sup>28</sup> 304  $\omega$  (von 10 % des Listenpreises) überließ. Es mag sein, daß man damals noch einige Befürchtungen hegte, ob die neue Einnahmequelle auch dauernd fließen würde, und daneben wurde eine übertriebene Ausdehnung der für die Aufnahmelinsen wirkenden Arbeitergruppen vermieden.

Der wirtschaftliche Erfolg war recht befriedigend, die junge Abteilung vermochte <sup>28</sup> 316  $\beta$  den merklichen Minderertrag der alten Mikroabteilung auszugleichen, so daß die Gesamteinnahme der Werkstätte von 1891/92 bis zu 1894/95 nur ganz geringe Schwankungen zeigte. In dem letzterwähnten Geschäftsjahr verhielten sich die Einnahmen aus der alten zu denen aus der neuen Abteilung wie etwa 63 zu 37, und man hat das mit vollem Recht als eine einleuchtende Bestätigung der Richtigkeit von Abbes Plan angesehen, das Arbeitsgebiet der Werkstätte auch auf andere optische Vorrichtungen auszu dehnen.

Freilich waren die neuen Objektive mit recht störenden Zwischenfehlern des geraden Öffnungsbündels behaftet, die weit über das den früheren Rechenmeistern dieses Gebiets zulässig erscheinende Maß hinausgingen. Die Folge davon war, daß man mit der neuen Anlage keine brauchbaren Bildnislinsen herstellen konnte, sondern sich auf Formen mittlerer

Öffnung (von 1:6.3 abwärts) beschränken mußte. Daß kein schärferer Widerspruch dagegen erhoben wurde, kann man heute wohl aus dem Umstande erklären, daß die gleiche Unvollkommenheit allen deutschen Objektiven mit Ebenung des Bildes punktmäßiger Strahlenvereinigung eigentümlich war.

Die Abhilfe kam wiederum von P. Rudolph, dem es im Frühjahr von 1896 gelang, in seinem Planar, einem Doppelobjektive mit 8 Flächen gegen Luft, ohne Aufgabe der Bildfeldebenung die Zwischenfehler des geraden Öffnungsbündels selbst bei einem großen Öffnungsverhältnis recht merklich zu verringern und also auch sehr lichtstarke Aufnahmelinsen in das Arbeitsgebiet der Werkstätte hineinzuziehen. — Rudolph war in seiner Abteilung sehr selbständig, und die Leitung mag sich bei seinen großen wirtschaftlichen Erfolgen gescheut haben einzugreifen. Gelegentliche Besprechungen Abbes mit Rudolph — ich erinnere mich solcher aus dem Winter 1895/96 — führten zu keinem Ergebnis, da Abbe gern analytische Verfahren für die Vorrechnung angewandt gesehen hätte, während Rudolph bei dem Probieren auf dem Papier blieb, in dem er unbestreitbar eine große Meisterschaft besaß.

Gerade das Planar bot den Anlaß, Abbes Hilfe nachzusuchen, und zwar hatte sich in dem Sommer 1897 bei einer Probeaufnahme mit einem symmetrisch gebauten Planar deutlich Verzeichnung eingestellt, die nach den Rechenregeln von S. 181  $\psi$  nicht zu erklären war. Man ging Abben um Hilfe an, und er brachte schon am nächsten Vormittag die Lösung, oder, wie man heute sagen kann, die Wiederentwicklung des Bow-Suttonschen Gesetzes, das damals in Jena noch unbekannt war. Es steht mit der sonst bekannten Geistesrichtung unseres Meisters in bester Übereinstimmung, daß er die neue Erkenntnis sogleich in einer Fachzeitschrift veröffentlichten ließ.

Sehr bald darauf ergab sich ein zweiter Anlaß für Abbe, der Photo-Abteilung förderlich und dienstlich zu sein. Es handelte sich um den von Rudolph wiedererfundenen Farrencschen Anamorphot, den man damals nicht allein für neu,

sondern auch für geschäftlich wichtig hielt, und Abbe beschäftigte sich mit der Abfassung des Wortlauts für das neu einzureichende Patent. Der Anmeldetag vom 30. November 1897 gibt die Zeit an, da Abbe seine Vorbereitungen abgeschlossen hatte, denn die Patentschrift <sup>2</sup> 283/95 ist von Abbe verfaßt worden und erläutert allgemein die Möglichkeiten einer anamorphotischen Abbildung, deren einfachste Verwirklichung durch den Farrenscschen Fall gegeben war.

Im Laufe der Zeit kam es zu einer Besprechung zwischen Abbe und Rudolph in dem photographischen Versuchsraum; von allen dabei anwesenden Mitarbeitern bin ich heute allein noch am Leben. Ich habe damals lebhaft bedauert, daß Rudolph einigermaßen erstaunliche Ansichten, die er sich über die Strahlenvereinigung an gekreuzten Zylinderlinsen gebildet hatte, den strenge begründeten Aussagen Abbes entgegensetzte. Das führte dann dazu, daß Abbe <sup>28</sup> 317  $\beta$  uns damals, also gegen den Ausgang von 1897, Kenntnis von der Erscheinung gab, die A. Gullstrand 1905 als diagonalastigmatische Aberration veröffentlicht hat. Rudolph war aber nicht zu überzeugen, und die Besprechung endete mit einem schrillen Mißklange.

Der nächste Anlaß, an dem Abbe für die Photo-Abteilung arbeitete, ist durch den Anmeldetag des Patents 109091, nämlich den 27. April des Jahres 1899, gesichert. Es handelte sich darum, einen seitlichen Teil des von einer Linsenfolge gelieferten Bildes photographisch aufzunehmen, und Abbe löste die Aufgabe damit, daß er zwischen die beiden Aufnahmelinsen eine Prismenwirkung einführte, wodurch der hier wichtige seitliche Teil zur Richtung der zweimal gebrochenen Strahlen senkrecht gelagert wird und nunmehr leicht von der letzten Aufnahmelinse auf ihrer Bildschicht wiedergegeben werden kann. Des eigentlichen Anlasses dafür kann ich mich nicht entsinnen, obwohl ich damals der Photo-Abteilung angehörte und vermutlich auch von dieser Aufgabe unterrichtet worden bin. Ich möchte annehmen, daß die schon im Frühjahr 1899 beginnende, recht mühevoll Drucklegung meines Buches

über das photographische Objektiv mich allzu sehr beansprucht haben wird.

Viel mehr haben sich mir die ersten Versuche eingeprägt, die Abbe ungefähr um die gleiche Zeit — das deutsche Patent 119915 ist ebenfalls am 27. April 1899 angemeldet worden — mit den unkug'igen Flächen anstellte, die er zur Hebung der Fehler schiefer Bündel verwenden wollte, da sie die unkugligen Flächen an andern Stellen durchsetzen als das gerade Öffnungsbündel. Hierüber wird gleich noch weiter zu handeln sein, da sich unser Meister sehr lebhaft um die Verwirklichung seines Gedankens bemühte und gegen den Schluß seiner Tätigkeit auch noch die Freude hatte, einen Versuch damit gelingen zu sehen.

Die dauernde Beschäftigung mit dieser Aufgabe ließ ihn den Schutz auf ein Prüfverfahren solcher unkugliger Flächen — das deutsche Patent 131536 ist am 16. November 1899 angemeldet worden — nachsuchen. Es handelte sich dabei um die Übereinstimmung der unkugligen Fläche mit genau berechneten Modellkugeln, wobei aber nur die innerste, für die Umgebung des Scheitels der unkugligen Fläche bestimmte den üblichen Fraunhoferschen Probiertkugeln entsprach, während die übrigen im Grundriß statt eines Vollkreises bloß einen Kreisring hatten und sich der unkugligen Fläche nur in einem Gürtel anlegten. Mit solchen Hilfsmitteln sind die sogleich zu schildernden Versuchslinsen geprüft worden.

Berücksichtigt man die hier mitgeteilten Zeitangaben, so wird es völlig verständlich, daß mir nach meiner auf S. 181  $\alpha$  erwähnten Heranziehung in den Helferdienst bei Abbe zunächst eine Aufgabe mit unkugligen Flächen gestellt wurde. Es handelte sich nach <sup>28</sup> 342  $\gamma$  um eine unverkittete Beleuchtungslinse, die für einen ziemlich großen Öffnungswinkel durch die Verwendung einer unkugligen Fläche im Abbeschen Sinne aplanatisch zu machen sei. Die Ausführung der unkugligen Flächen gelang in diesem und dem folgenden Falle (s. <sup>28</sup> 342  $\gamma$ ) H. Siedentopfs Geschicklichkeit. Erinnerungen daran, wie Abbe die gelungene Lösung aufnahm, sind mir nicht geblieben.



Es mag auch sein, daß die Verzögerung der Ausführung — ich mußte mir damals Rechenkräfte neu schulen und sobald als möglich auf diese schwierigeren Verfahren anlernen — ihn etwas verstimmt hatte. Mit dem günstigen Ausfall des Versuchs war Abbe aber zufrieden, und er wandte sich nunmehr einer Aufgabe zu, die dem Gebiete der Photo-Abteilung entnommen war.

Nach <sup>28</sup> 342  $\delta$  stellte er „nunmehr nach einer eingehenden „analytischen Entwicklung eine Formelfolge auf, um ohne „allzu große Rechenarbeit die Hälfte einer symmetrisch ge- „planten Aufnahmelinse für das gerade Bündel von Öffnungs- „abweichung zu befreien und gleichzeitig den Astigmatismus „schiefer Bündel für einen mittelgroßen Bildwinkel mit einer „einzigsten unkugligen Fläche zu heben. Dabei war die von „der Blende abgekehrte (Außen-)Fläche der verkitteten Linse“ unkuglig zu machen.

Die beiden Bestandteile der verkitteten Linse erhielten solche Stärken, wie sie zur Hebung der Farbenfehler für D und G' nötig waren, und ihre Brechzahlen waren so ausgewählt, daß die Petzvalsche Bedingung für das Verschwinden der Bildfeldkrümmung etwa erfüllt war.

Über den günstigen Erfolg dieses Versuches ist in <sup>28</sup> 342 ff ziemlich viel mitgeteilt worden; hier genügt die Feststellung, daß Abbe im Herbst 1901 über das Gelingen eine aufrichtige Freude empfand und sich sogar einen Vortrag mit anhörte, den ich nach dieser Zeit vor ihm und einer Reihe von Mitarbeitern hielt, um die im Bereiche des Möglichen liegenden Verbesserungen seiner Linse zu behandeln. Zu regelmäßiger Herstellung führte dies ebensowenig wie die späterhin <sup>28</sup> 317  $\gamma$  von einem Angehörigen der Photo-Abteilung berechneten Formen: die Herstellkosten wurden als zu hoch befunden.

An dieser Stelle kann man aus dem unbestrittenen Erfolge der ersten Abbeschen photographischen Linse den Schluß ziehen, daß Abbes Einwirkung, wenn sie sich nach S. 183  $\beta$  wirklich hätte erreichen lassen, sehr wohl die Lösung schwieriger Aufgaben aus dem Gebiete der Photo-Abteilung hätte er-

leichtern können: ihm waren auch recht verwickelte Aufgaben eben nicht zu schwierig.

Wendet man sich nun zu Abbes Tätigkeit an der Meßabteilung, so ist diese Abteilung tatsächlich um das Ende des Jahres 1890 unter C. Pulfrichs Leitung gestellt worden und als gesonderte Abteilung jünger als die Photo-Abteilung. Beachtet man aber, daß E. Abbe schon im Mai 1874 <sup>28</sup> 318/19 den Druck eines durch C. Poppes Sorgfalt geretteten Werbeblättchens durchsetzte und wieder und wieder (s. S. 86/87 und 110  $\delta$ ) auf diesem Gebiete gearbeitet hat, so wird man die Meinung vertreten können, daß es sich hier um die — vermutlich durch C. Zeissens inneren Widerspruch in der Entwicklung gehemmte — älteste Sonderabteilung der Jenaer Werkstätte gehandelt hat. Nicht überall hatte der alte Partner (s. auch S. 42/43) seinen ursprünglichen Widerspruch aufrecht-erhalten, aber zur Gründung einer eigenen Abteilung ist es eben erst in den 90er Jahren gekommen. Abbe hat in seinem großen Zartgefühl davon Abstand genommen, seine Ansichten über die Meßgeräte zusammenzufassen, solange er nicht volle Verfügung über die Werkstätte besaß, hat aber noch im September 1890 auf der Bremer Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte Gelegenheit genommen, Meßgeräte wie den Dickenmesser, den Comparator und das Sphärometer <sup>2</sup> 206/11 selber vorzuführen und die ihnen zugrunde liegenden Gedanken auseinanderzusetzen. Noch einige Zeit danach hat er nach <sup>2</sup> 249/52 am 5. Januar 1892 einen Schutz auf ein Doppelprisma für Refraktometer angemeldet und das deutsche Patent 65803 darauf erhalten. Mit seiner Anlage wurde unter bestimmten Bedingungen, wie sie etwa beim Butterrefraktometer vorlagen, auf einfache Weise die Grenze der Totalreflexion farbenlos abgebildet.

Will man den großen Wert hervorheben, den Abbe dieser Abteilung beilegte, so wird man nichts besseres tun können, als aus seinen kurz vor seinem 25jährigen Dienstjubiläum im Juli 1891 abgefaßten „Wünschen und Anträgen“ die folgenden Absätze anzuführen <sup>28</sup> 310  $\omega$ /311  $\alpha$ :

„Außerdem ist aber eine Weiterentwicklung der Optischen  
 „Werkstätte noch möglich — und meiner Ansicht nach auch  
 „direkt geboten — in Hinsicht auf einen Betriebszweig anderer  
 „Art, der zwar in der Hauptsache fabrikatorischer Entwick-  
 „lung nicht fähig ist, deshalb unmittelbar auch nie eine er-  
 „hebliche wirtschaftliche Bedeutung gewinnen oder eine  
 „nennenswerte Einnahmequelle werden wird, dem aber ein  
 „großer indirekter Wert für das hiesige Unternehmen des-  
 „halb beizulegen ist, weil er eine stete Schule der feineren  
 „Technik ist und Gelegenheit bietet, eine größere Anzahl  
 „von tüchtigen technischen und auch wissenschaftlichen Kräften  
 „im Dienst der Werkstatt zu erhalten, und ein heilsames  
 „Gegengewicht darbietet gegen die unvermeidliche Vereinseiti-  
 „gung und gegen die Routine-Tendenz vorwiegend fabrikato-  
 „rischer Arbeit.

„Dieser Betriebszweig ist die Herstellung von optischen  
 „Meßinstrumenten verschiedener Art (für wissenschaft-  
 „lichen Gebrauch), welche seit meinem Eintritt in die  
 „Verbindung mit Zeiss immer geübt worden ist, zeitweilig  
 „allerdings sehr in den Hintergrund gedrängt wurde, in den  
 „letzten Jahren aber von mir zu größerem Umfang gebracht  
 „worden ist (durch Einrichtung einer besonderen Werkstatt-  
 „Abteilung und Anstellung eines zweiten Physikers). — Für  
 „die nächsten Jahre müßte auf die weitere Entwicklung gerade  
 „dieses Betriebszweiges m. E. besonderer Nachdruck gelegt  
 „werden, und es dürfte, geeigneten Falles, auch die Aus-  
 „dehnung desselben auf den Bau astronomischer Instru-  
 „mente (Fernröhre) nicht von der Hand gewiesen werden.“

Über die ersten Jahre der Entwicklung der neuen Ab-  
 teilung finden sich einige Angaben in <sup>28</sup> 319/20, und es ist  
 kein Zweifel, daß Abbe, soweit ihm die Fülle seiner sonstigen  
 Arbeiten Zeit ließ, an der Entwicklung der Meß-Abteilung  
 Anteil genommen hat.

Abbes Bemühungen um das Erdfernrohr. Bei dem  
 Mangel einer gleichzeitigen Chronik über die verschiedenen  
 Ansätze der Abbeschen Tätigkeit ist es nicht möglich, den

Anfang dieser Bemühungen mit völliger Sicherheit anzugeben. Doch liegt nichts im Wege, die einigermaßen undeutliche Erinnerung <sup>24</sup> 103  $\gamma$  an den Rechner Heinisch hierfür heranzuziehen, wonach der Meister bereits im Jahre 1887 einen eigenen Rechner dieses Namens in dem Vorraum zu seinem Hausarbeitszimmer regelmäßig beschäftigt habe. Daß über diese Arbeiten nicht wohl berichtet werden konnte, wird sich bald herausstellen. Ganz sichergestellt aber ist es nach <sup>28</sup> 310  $\psi$  daß Abbe in den letzten Tagen des Junis 1891, ganz kurz vor seinem 25jährigen Dienstjubiläum, unter verschiedenen anderen Plänen auch den niederlegte, für Heer und Flotte gute Erdfernrohre zu bauen.

Man kommt hier auf ein Gebiet, über das gelegentlich S. Czapski einen ziemlich eingehenden Bericht abgestattet hat, als er am 7. Januar 1895 vor dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes zu Berlin einen in <sup>28</sup> 325  $\omega$  mit (2) gekennzeichneten Vortrag über die Prismenfeldstecher hielt. Er schilderte darin auch die Eigenschaften älterer Fernrohre mit aufrechtem Bilde und fuhr dann in (2) 8  $\alpha$  fort: „Über das „bisher [beim holländischen Fernrohr] erreichte erheblich hinaus zu „gelangen, schien jedoch nach den Rechnungen und Versuchen, welche „unter Leitung des Hrn. Prof. Abbe in der hiesigen Werkstätte von „Carl Zeiss angestellt worden sind, nur sehr schwer, nämlich nur unter „Aufwendung ganz erheblich größerer technischer Mittel als bisher bei „dieser Art Instrumenten angewandt zu werden pflegten, unter ent- „sprechenden Kosten. Dadurch wären aber die zu 2. hervorgehobenen „Vorteile als: Einfachheit des Baues, entsprechende Leichtigkeit der „technischen Herstellung und niedriger Preise natürlich eo ipso ver- „lorengegangen, ohne daß der auf diesem Wege erzielte Erfolg eigentlich „— nach unserem Dafürhalten wenigstens — in einem richtigen Ver- „hältnis zu dem Mehraufwande an Mitteln gestanden hätte. Es schien „hier vielmehr, wie leider schon bei so vielen technischen Aufgaben, „bereits in den vorhandenen Instrumenten derjenige Grad von Voll- „kommenheit erreicht, über den hinauszugehen nur unter Anwendung „ganz außerordentlich viel größerer Hilfsmittel möglich ist.“ — Die Annahme wird gerechtfertigt sein, daß Abbe bei dieser Aufnahme der alten Aufgabe von Seite 96  $\gamma$  wiederum nicht vom Augendrehpunkt als dem Kreuzungspunkte der bildseitigen Hauptstrahlen ausgegangen war und sich damit auch hier den Weg zum Erfolge versperrt hat.

Er hat dann aber nach der gleichen Quelle auch das Erdfernrohr mit Linsenumkehrung untersucht und sich bemüht, ein kurzes Fernrohr

dieser Art von mittlerer Vergrößerung und ausreichender Helligkeit zu bauen, ohne zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen. Die hierfür maßgebende Stelle jenes Vortrages steht in (2) 15  $\beta$  und lautet: „Ich will der Vollständigkeit wegen hinzufügen, daß, wie beim holländischen, so beim terrestrischen Fernrohr auch in der Zeiss'schen Werkstätte schon seit einigen Jahren rechnerische und praktische Versuche, zu seiner Verbesserung unter Leitung von Professor Abbe nebenher, betrieben worden waren. Dieselben führten aber zu ganz demselben Ergebnis, das ich schon beim holländischen Fernrohre anführte: daß sich Verbesserungen wohl erreichen lassen, daß diese Verbesserungen aber einen relativ erheblichen Aufwand von Mitteln erheischen, welcher zu dem Erreichten kaum noch in einem angemessenen Verhältnis zu stehen schien“ . . . . .

Die Arbeit daran wurde wohl noch gegen Ende des Jahres 1891 durch die Lösung einer von außen an die Werkstätte tretenden Aufgabe unterbrochen, die in <sup>6</sup> 309/10 erwähnt, aber auf eine zu späte Zeit verlegt worden ist. Es handelte sich um ein Fernrohrokular mit weit abliegendem Augenpunkt, das am 30. Januar 1892 zur Patentierung angemeldet wurde. In dem dabei angeführten Beispiel ist ein Abstand von 40 cm zwischen dem letzten Linsenscheitel und der Augenpupille angegeben.

Abbe wird sich danach mit dem alten Gegenstande weiter befaßt haben. Gelöst aber wurde diese Aufgabe, wie sogleich zu zeigen sein wird, erst im Jahre 1893, und zwar ist dafür auf <sup>28</sup> 320  $\eta$  zu verweisen, wo der Besuch des Berliner Ingenieurs H. de Grouilliers und seine weitreichenden Folgen im einzelnen geschildert worden sind.

Abbe erkannte bald, daß nicht nur die von dem Erfinder gestellte Aufgabe der Verwirklichung eines beidäugigen Entfernungsmessers mit einer bildaufrichtenden Prismenverbindung zu lösen war, sondern daß auch seine (vermutlich seit 1887 verfolgte) Aufgabe der Anlage eines kurzen Erdfernrohres mittlerer Vergrößerung und ausreichender Helligkeit auf die Prismenumkehrung führe, die er ja nach S. 41  $\alpha$  selber schon im Jahre 1873 nicht nur verwandt, sondern auch — vergeblich — zu verwerten gesucht hatte. Mit dem Patentschutz gelang es auch nach 20 Jahren nicht gleich, aber er hatte den

glücklichen Gedanken, durch eine symmetrische Anordnung zweier Prismenfernrohre mit starker Verkürzung der Rohrlänge ein schutzfähiges Prismendoppelfernrohr mit erweitertem Objektivabstand anzumelden.

Das Patent 77086 trug das Anmeldedatum vom 9. Juli 1893 und erörterte eingehend die Möglichkeit, beim Einzelrohr durch eine einfache Zerlegung der beiden Grundanlagen der Porroschen bildaufrichtenden Prismensätze in zwei Teile den Betrag der Verschiebung der Objektiv- gegen die Okularachse zu steigern. Auf diese Weise ergaben sich Fernrohrformen, die man heute als halbe Reliefrohre bezeichnen würde, und sie wurden auch als Einzelrohre unter Schutz gestellt. Im allgemeinen bezog sich der Schutz aber auf die symmetrische Verbindung zweier Fernrohre mit Prismenumkehrung in der Absicht, die beidäugige Tiefenwahrnehmung zu steigern. Er beschränkte sich dabei nicht auf die später als Reliefrohre angezeigten Formen, sondern umfaßte auch die Paarung Porro-(Hofmann-)scher Einzelrohre, da auch bei einer solchen zahlenmäßig geringeren Achsenversetzung die Tiefensteigerung sehr deutlich war.

Die Bedeutung der Reliefrohre erschien dem Erfinder als so groß, daß er am 19. Oktober 1893 einen Schutz auf die ein Zusammenlegen gestattende Gelenkverbindung zweier Erdfernrohre mit Linsenumkehrung anmeldete und das Patent unter 76735 erhielt. In ein jedes Einzelrohr war dabei in der Helmholtzischen Weise ein Spiegel- oder ein Spiegelprismenpaar eingebaut. Die Anpassung an den Drehpunktabstand des Benutzers erfolgte durch die Schwenkung der Fernrohre um die Gelenkachse, und zwar war es dem Nachsucher bekannt, daß ein jeder zwischen 58 und 72 mm liegende Abstand der Okularachsen sowohl bei einer geringen als auch bei einer starken Spreizung der beiden Rohre erreicht wurde.

Es stellte sich bald heraus, daß wirtschaftlich von besonderer Bedeutung das Prismendoppelfernrohr mit verhältnismäßig geringer Achsenversetzung war. Es handelte sich dabei um eine ungewöhnlich erfolgreiche Form, denn erst in dieser

Zeit, von 1895 ab, konnte das Porrosche Prismenfernrohr die ihm gebührende Verbreitung erhalten, deren das einäugige Gerät des Erfinders und seines Nachfolgers J. G. Hofmann nach <sup>28</sup> 322 ff. nicht fähig gewesen war.

Durch einen glücklichen Umstand ist nach <sup>28</sup> 327  $\omega$  die Kenntnis der Tatsache gerettet worden, daß Abbe noch im Jahre 1898 die Absicht hatte, durch zweckmäßige Verwertung der neuen Glasarten für die Prismenfeldstecher verkittete Zweilinser als Objektive zu verwenden, die, vom Öffnungsfehler befreit, auch die Sinusbedingung erfüllten und daneben achromatisch wären. Er übergab diese Aufgabe zugleich mit einem Hinweis auf den dafür einzuschlagenden Weg seinem damaligen Helfer H. Harting, der bald danach über die Lösungsmöglichkeiten berichtet hat.

Abbes Beschäftigung mit dem Raumbildentfernungsmesser. Glücklicherweise sind aus <sup>28</sup> 320  $\eta$  Einzelheiten über die Art zu entnehmen, wie Abbe mit dem Anreger, dem Berliner Ingenieur H. de Grouilliers, bekannt wurde. — Die Entwicklung der Feuerwaffen war so weit gediehen, daß überall die Heeresverwaltungen an dem Bau von Entfernungsmessern Anteil nahmen. Man braucht hier nur auf die Ausbildung des Halbbildentfernungsmessers durch Barr & Stroud in Leeds zu denken, die um die Mitte des Jahres 1888 ein solches (offenbar für die Zwecke der Infanterie) hergestelltes Gerät anboten, das mit einer optischen Standlinie von 2' [= 61 cm] eine Messung auf 1000 yards [= 915 m] ermöglichen sollte.

Es ist ganz verständlich, daß ein erfinderischer Kopf der gleichen Aufgabe mit andern Mitteln nachging, und an der angeführten Stelle ist nachzulesen, wie H. de Grouilliers schließlich auf den Weg nach Jena gewiesen wurde. Bei der am 24. und 25. März 1893 in Jena abgehaltenen Besprechung konnte Abbe zeigen, daß der Erfinder in seiner Anmeldung vom 3. Januar 1893 noch kein Meßgerät beschrieben, dagegen eine wertvolle Aufgabe gestellt habe, deren Lösung noch ausstehe. Man machte ab, daß die Werkstätte eine neue An-

meldung vorzubereiten habe, und daß sich die Leitung die Entscheidung bis zum 1. Juli 1893 vorbehalte, ob sie das fragliche Patent erwerben wolle.

Man erkennt, daß die ersten Bemühungen Abbes um die Lösung ihn nach S. 190  $\omega$  auf die Prismenumkehrung führten, die ihm zunächst für die lange verfolgte Erdfernrohraufgabe wichtiger war, als für den noch zu planenden Raumbildentfernungsmesser. Doch wurde auch diese Aufgabe nicht vergessen; die Werkstätte erwarb die Rechte von H. de Grouilliers, und daraus entstand das deutsche Patent 82571. Es gab bestimmte (von dem ersten Erfinder so schmerzlich vermißte) Regeln für die Herstellung eines räumlich wahrnehmbaren, in die Tiefe ausgedehnten Meßbandes und sah drei verschiedene Meßmöglichkeiten vor, deren erste die einfache Verwendung einer solchen schwebenden Markenreihe voraussetzte; die zweite aber ging von einer wandernden Marke aus, die auf einen auffälligen Zielpunkt einzustellen sei. Bei diesem letzten Verfahren war es indeß auch noch möglich, die Marke selbst fest zu lassen, dagegen aber das Bild des Zieles gleichsam der festen Marke zu nähern. Diese letzte Möglichkeit war entwickelt worden, um eine entsprechende nachträgliche Verwendung fremder Entfernungsmesser mit zwei Fernrohren für die beidäugige Benutzung auszuschließen. — Außerdem wurde noch am 20. Juli 1893 eine Justiervorrichtung für Entfernungsmesser mit zwei Fernrohren angemeldet, und man erhielt daraufhin das deutsche Patent 73568. Es handelte sich dabei um die Herbeiführung eines bestimmten Richtungsunterschiedes der Visierachsen dieser Fernrohre durch zwei Winkelspiegelprismen, die vorübergehend vor den Objektiven anzubringen sind, und wo bei der Beleuchtung von der Seite des einen Okulars her dessen Faden im Okularfeld des zweiten Fernrohrs sichtbar wird. Alsdann kann danach die Stellung der Achsen des Meßgeräts berichtigt werden.

Wie man aus <sup>28</sup> 329  $\beta$  ersehen kann, ist über die Ausbildung des Entfernungsmessers in den ersten Jahren nach seiner Erfindung nicht viel bekannt, und man wird allein er-



schließen können, daß die Ansichten H. Helmholtzens über sein Telestereoskop auf die Jenenser Bearbeiter in der Form wirkten, die er ihnen in dem Handbuch der physiologischen Optik gegeben hatte. Nach Helmholtzens Tode kam es — 1899 auf dem Naturforschertage zu München — zu einem Zusammenstoße mit dem hauptsächlichsten Vertreter der Helmholtzischen Ansicht, weil diesem die von C. Pulfrich vertretene Schärfe der Breitenwahrnehmung von 30'' in unzulässiger Weise die von Helmholtz vertretene Minuten-grenze überschritt. Noch in demselben Jahre hat E. Hering in einem Vortrage den Grund für ungemein hohe Schärfenwerte der Breitenwahrnehmung aufgedeckt.

Mir ist es nicht bekannt, wie Abbe sich zu der Hering-schen Erklärung gestellt hat; um das Jahr 1900 mag sein Anteil auch an diesem Arbeitsgebiet schon geringer geworden sein.

In dem gleichen Jahre 1893, wo er sich so eingehend mit dem Raumbildentfernungsmesser beschäftigt hatte, trat an ihn auch die Aufgabe heran, Geräte für die Entfernungsmessung auf See zu planen. Ich schließe mich dafür meiner Darstellung in <sup>28</sup> 329  $\omega$  u. ff. wörtlich an.

„Ebenfalls um 1893 wurde der Werkstätte von der Marine (genauer „von dem damaligen Kapitänleutnant Gerdes) die Aufgabe für ein „besonderes Meßgerät gestellt, und unser Meister nahm sich der Arbeiten „daran besonders eifrig an. Das Neue der von ihm gefundenen Lösung „jener Aufgabe, die Feststellung der Endwerte, lag in einer logarithmi- „schen Berechnung, die durch ein zweckmäßig erdachtes Getriebe be- „wirkt wurde. Im einzelnen war dem jüngeren Mitarbeiter A. König „die Ausarbeitung anvertraut, die etwa in den Jahren 1894—96 vollendet „wurde.

„Der gleiche Beamte hat 1923 in seinem Buche <sup>18</sup> diese Vorkehrung „unter die Zielwinkelentfernungsmesser eingereiht und nach <sup>24</sup> 108/09 „mit folgenden Worten beschrieben:

„Doppelbildmikrometer mit Messung werden besonders bei der „Kriegsmarine angewandt, wo die Schornsteine und Masten feindlicher „Schiffe Ziele bieten, die sich wegen der regelmäßigen Begrenzung genau „auf Berührung einstellen lassen, und wo bei dem gleichmäßigen Hinter- „grunde das Ziel auch im Doppelbild gut zu erkennen ist. Die Zielgröße „braucht man nicht zu kennen, wenn die Anfangsentfernung mit Ein-

„schießen oder einem Standwinkelentfernungsmesser ermittelt ist. „Diesen gegenüber besitzen sie den Vorteil wesentlich geringeren Raumbedarfs. Sie können sich daher gegenseitig unterstützen. Um die Entfernung für verschiedene Zielhöhen bequem ablesen zu können, wird der Entfernungsmesser zweckmäßig mit einem Rechenapparat verbunden, am besten nach Abbe (1894) mit einem logarithmischen Rechenschieber. Sind demgemäß zwei konzentrische logarithmische Teilungen für Entfernung und Zielhöhe vorhanden, so braucht nur die Entfernungsteilung von der richtigen Grundstellung aus um den Logarithmus des gemessenen Winkels durch ein Getriebe verdreht zu werden, das die Meßbewegung zur Einstellung der Doppelbilder in passender ungleichförmiger Weise überträgt; dann kann gegenüber der jeweiligen gültigen Zielhöhe die richtige Entfernung abgelesen werden; ein drehbarer Doppelzeiger erleichtert diese Ablesung.“ . . .

„Gleichzeitig mit diesen Arbeiten behandelte Abbe einen besonderen Hochstandsentsfernungsmesser für die Kriegsflotte. Es handelte sich dabei um die Aufgabe, auf dem Mastkorb eines Schiffes den Winkel zwischen der Kimme und der Wasserlinie eines feindlichen Fahrzeugs zu messen, um daraus die Zielentfernung zu ermitteln. In dem Königlichen Buche <sup>18</sup> ist die weitere Herleitung ebenfalls an ihrem Ort gegeben.

„Von praktischer Bedeutung wurde dieses Gerät nicht, da die Kimme sehr häufig nicht deutlich genug erkennbar ist, um auf sie einstellen zu können.“

Endlich muß noch der Begründung der Astro-Abteilung (s. S. 155  $\psi$ ) durch Abbe im Jahre 1896 gedacht werden, an deren Spitze er den ihm seit längerer Zeit bekannten Liebhaberoptiker Max Pauly stellte. Abbe hatte auch gegen das Ende von 1898 noch die Freude, von dem günstigen Urteil zu hören, das M. Wolf in Heidelberg über ein Himmelsfernrohr mit wesentlich vermindertem sekundärem Spektrum abgab. Das Objektiv war aus dem damals neuen Schottischen Glaspaar Fernrohrflint und Fernrohrkron hergestellt worden.

Zum Schluß sei auch noch auf Abbes Teilnahme an einer Weiterführung der rechnerischen Grundlagen hingewiesen. Im Winter von 1900 auf 1901 wurde von S. Czapski ein Plan angeregt, die Theorie der optischen Instrumente eingehender zu behandeln, als es in dem Czapskischen Lehrbuche von 1893 (und in seiner damals vorbereiteten [1904 erschienenen] zweiten Auflage) geschehen konnte. Nur der

erste Band, die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik, ist mit der Widmung an Abbe Ende 1903 erschienen. In jener Vorbereitungszeit, wo man die Entwicklung des Ganzen noch nicht völlig übersehen konnte, war Abbes Teilnahme an der Verwirklichung des Czapskischen Plans, wenn man sein schon recht angegriffenes Befinden berücksichtigt, sogar sehr lebhaft. Er hat an den vorbereitenden Sitzungen teilgenommen und alles getan, um die Schwierigkeit der Herausgabe zu mindern. Es war ja von jeher seine Ansicht, daß ein Rechenmeister über die Grundlagen berichten solle, da sonst ein Fortschritt ungemein erschwert würde, und man kann auf Seite 181  $\gamma$  hinweisen, wo er die von ihm 1888 neu entwickelten Formeln für den Fehler schiefer Büschel in seinen Vorlesungen mitteilte, und überhaupt Czapskin ermutigte, 1893 seine in den Vorlesungen zusammengetragene Lehre möglichst vollständig zu veröffentlichen. Auch auf Seite 183  $\psi$  ist darauf hingewiesen worden, daß er 1897 die von ihm wiedergefundene Bow-Suttonsche Bedingung durch die Fachpresse zur Kenntnis der Rechenmeister bringen ließ. Einiges aus seinen kurz vorher, 1900, entwickelten Verfahren ist auch noch in den Text der Bilderzeugung in optischen Instrumenten aufgenommen worden.

---

## IV. Die letzten Lebensjahre.

### Zur Würdigung von Abbes Leistungen.

Abbes Persönlichkeit hat wohl schon von seinen Schuljahren ab auf die Umgebung besonders ansprechend gewirkt, und das ist bis an das Ende seines Lebens so geblieben. Als junger Privatdozent bereits hat er nach S. 20  $\beta$  auf den Kurator M. Seebeck einen tiefen Eindruck gemacht, der sich in den langen Jahren ihrer Bekanntschaft nicht verflachte; man wird die Einwirkung auf Männer wie A. Löber und C. Zeiss hier nicht übergehen wollen, und später entspricht seine Aufnahme durch Persönlichkeiten wie H. Helmholtz, W. Wehrenpfennig, G. v. Goßler und H. Eggeling durchaus dem Eindruck, den er in jungen Jahren gemacht hat.

Dagegen scheint er bei seinen Vorlesungen sowohl in Frankfurt als auch als Jenaer Professor beim Vortrage über sein eigenes Gebiet auf die Mehrzahl seiner Hörer einigermaßen unverständlich gewirkt zu haben. Man könnte das zwar aus der mangelnden Teilnahme der Jenaer Studenten (s. S. 25  $\beta$ ) folgern, doch bliebe immer der Einwand übrig, daß man an einer kleinen Universität für ein ganz neues Fach, wie es die optischen Instrumente in der Abbeschen Darstellung waren, die Ansprüche nicht zu hoch stellen dürfe: nahmen doch selbst die Lehrer der Physik an anderen Hochschulen die Abbeschen Lehren nur zögernd und unvollständig auf. Aber ein Zeugnis für die Schwierigkeit zu folgen wie das von Lummer <sup>20</sup> VII  $\omega$  wird um so überzeugender wirken, weil man an der Hingabe des kleinen Hörerkreises im Privatissimum vom W.S. 87/88 (s. auch <sup>24</sup> 99  $\alpha$ ) nicht zweifeln kann.

Und eine entsprechende Aussage gilt, durch die Schwierigkeit des Gegenstandes bedingt, auch für die meisten der theoretischen Aufsätze Abbes.

Die Würdigung seiner Tätigkeit richtet sich daher auch mehr auf seine meist technischen Ergebnisse als auf ihre Herleitung und Begründung.

Das galt schon für die Lösung der Preisaufgabe in seinem 3. Semester, wo die Beurteilung ihn als einen besonders leistungsfähigen Studenten rühmend hervorhob, was nach S. 10  $\beta$  zu erfreulichen und sehr willkommenen Stipendien aus der heimatlichen Umgebung führte. Wie die Reißische Beihilfe aus dem Ende der Frankfurter Zeit (s. S. 17  $\psi$ ) an ihn gelangte, läßt sich kaum mehr feststellen, aber es ist wohl denkbar, daß auch darauf seine glückliche Lösung der ihm gestellten Aufgabe, den astronomischen Beobachtungen auf dem Turmdach der Paulskirche eine größere Sicherheit zu geben, eingewirkt hat.

Daß er als Dozent in Jena von 1865 ab nach S. 20  $\omega$  eine regelmäßige und mit den Jahren wachsende Bezahlung vom Staat erhielt, wird in erster Linie auf den ausgezeichneten Eindruck zu schieben sein, den er auf den einsichtigen Kurator machte; mußten doch nach der ersten Bewilligung noch 6 Jahre vergehen, ehe er in der Behandlung der Lichtstärke in optischen Geräten einen Aufsatz veröffentlichte, den so kein anderer schreiben konnte.

Mit diesen regelmäßig nach Bedarf neu bewilligten oder erhöhten Jahreszahlungen kann man die Anerkennung durch die Universitätsverwaltung beginnen lassen. Sie beschränkte sich in den ersten Jahren auf die Würdigung eines anerkannt tüchtigen Angehörigen des Lehrkörpers, dem man (s. S. 31  $\omega$ ) auch im Mai 1870 den Titel als a.o. Professor verlieh. An eine Bewertung von Abbes technischen Leistungen seit dem Ende von 1871 ist dabei nicht zu denken, da eine gerechte Würdigung dieser hohen Leistungen in jenen Jahren auch den Jenaer Kollegen wohl verschlossen blieb. Kurz vor M. Seebecks Rücktritt wurde nach S. 103  $\omega$  Abben 1877 die Professur für Astronomie übertragen. Dabei darf man aber nicht etwa an Sternbeobachtungen denken; eine Sternwarte war nicht benutzbar, vielmehr handelte es sich um die Führung der meteorologischen Tabellen und um die Schulung von

Studenten bei Anstellen einfacher, meist geodätischer Beobachtungen. — Als Abbe im Mai 1878 (infolge seines Vertrages mit Carl Zeiss) sich dem lockenden Rufe nach Berlin versagte, ohne auf die Erhöhung seiner Bezüge Gewicht zu legen, ja auch eine spätere Beförderung zum Ordinarius in Jena abgelehnt hatte, da hat man ihm (s. S. 95  $\beta$ ) die Titelerhöhung zum ord. Honorarprofessor zugestanden. Einen solchen Titel vermochte er auch ohne inneren Widerspruch anzunehmen. Ganz im Rahmen der üblichen Anerkennung für verdiente Hochschullehrer lag ferner die <sup>28</sup> 337  $\psi$  am 3. Mai 1884 an ihn gelangende Ordensverleihung, wie sie am gleichen Tage auch H. Schäffern zuteil wurde. Er hat diese Auszeichnung, die ihm nach seinem Wesen nicht lieb sein konnte, aber so aufgefaßt, wie sie gemeint war, und seinen Dank für die Wertschätzung seiner Tätigkeit in würdiger Weise ausgesprochen.

Bald danach fällt das Ableben des 2. Kurators, und es übernimmt ein Universitätsfreund Abbes, H. Eggeling, die freigewordene Stelle.

Bei der hohen Bedeutung, die dem 3. Kurator für Abbes Leben und Werk zukommt, gebührt es sich, daß entsprechende zeitliche Angaben zu dem Verlauf seines Lebens gemacht werden, wie solche sich auf S. 9<sup>1)</sup> in bezug auf M. Seebeck finden. Durch einen liebenswürdigen Hinweis von Herrn H. v. Eggeling unterstützt, entnehme ich sie der Festschrift zum fünfzigjährigen Stiftungsfest der Burschenschaft Teutonia zu Jena. G. Neuenhahn, Jena 1895, (8) 395 S. kl. 4<sup>o</sup>. S. 331 [richtiger wohl 321]. Es heißt dort:

„Heinrich Eggeling, st. phil. et math. aus Helmstedt  
 „(Braunschweig), eingetr. am 28. April 1858, ging Michaelis  
 „1859 nach Göttingen, hielt sich im Sommer 1860 in seiner

1) Die große Bedeutung der Eggelingschen Privatakten für diese Darstellung ist auf Seite VI der Vorrede hervorgehoben worden. Die Kenntnis von dem Bestehen dieses wichtigen, in Weimar aufbewahrten Aktenstücks (man sehe etwa <sup>27</sup> 289, <sup>28</sup> 298 ff, 335 ff) habe ich durch die freundliche Hilfe von Herrn H. v. Eggeling erhalten, wofür ich auch an dieser Stelle meinen Dank ausdrücklich aussprechen möchte. v. R.

„Heimat auf, studierte dann ein Jahr in Berlin; 1861—1863  
 „Hauslehrer in Welna (Prov. Posen), bestand 1863 das Staats-  
 „examen in Braunschweig und war von Ostern 1864 bis 30. Sep-  
 „tember 1866 Gymnasiallehrer daselbst; vom 1. Oktober an  
 „Prinzenerzieher in Meiningen; erhielt 1868 den Titel Professor,  
 „1873 den Titel Hofrat, von 1880 bis 1883 kommissar. Kreis-  
 „schulinspektor in Hildburghausen, seit Ostern 1883 Regierungs-  
 „und Schulrat in Meiningen und seit 1. Oktober 1884 Universi-  
 „tätscurator in Jena; erhielt den Titel Geh. Staatsrat und  
 „wurde von der philosophischen und der medizinischen Fa-  
 „kultät der Universität Jena zum Dr. h. c. promoviert.“  
 Hinzugefügt sei noch, daß er 1906 mit dem Titel Exzellenz  
 ausgezeichnet wurde.

Die alten Beziehungen wurden zum Heile der Jenaer Hochschule auf das freundschaftlichste wiederaufgenommen, und der neue Kurator<sup>1)</sup> kannte das Innenleben seines Freundes genügend, um äußerliche Anerkennungen wie Orden oder Titel von ihm abzuwehren. Als im Frühjahr 1886 der große Erfolg der Apochromatlinsen gesichert war, hat Abbe nach S. 148  $\gamma$  bereits Ende Mai gleichsam als Dankesopfer den rasch vergrößerten „Ministerialfonds für wissenschaftliche Zwecke“ gestiftet und damit sozusagen den ersten Grund zu der späteren Carl-Zeiss-Stiftung gelegt.

Die erste Anerkennung durch die Erhalterstaaten ist, soweit bekannt, <sup>28</sup> 336 durch die Glückwünsche zum 50. Geschäftsjubiläum am 12. Dezember 1896 ausgesprochen worden. Aber auch bei dieser Gelegenheit hat Abbe es vermocht, die Einzelheiten der Ehrenbezeugung der Kenntnis der Nachwelt zu entziehen.

Eine zweite Anerkennung folgte der unter seiner tätigen Mitwirkung zustande gekommenen Neugestaltung der akademischen Besoldungsverhältnisse mit der Überreichung einer Dankadresse am 28. Februar 1902 durch die Staatsminister der vier Erhalterstaaten. In <sup>v</sup> ist einiges über diese Anerkennung und ihre Aufnahme durch Abbe zu finden.

1) Siehe Anm. auf S. 199.

Wendet man sich nun zu der Anerkennung von Abbes technischen Leistungen, so wird man an erster Stelle (s. auch <sup>s</sup> auf S. 214 zu 13 $\psi$ ) seine Aufnahme in die Kais. Leopoldinisch-Carolinische Akademie der Naturforscher zu erwähnen haben, die am 1. Dezember 1873 stattfand. Genaueres läßt sich heute dazu nicht mehr sagen; es scheint, daß man damals neue Mitglieder zu gewinnen suchte, und tatsächlich ist die hektographierte Aufforderung, mit der der damalige Präsident Prof. Behn von Dresden aus Abben gewonnen hat, noch in den Akten vorhanden. Man wird vermuten können, daß Abbes Beiträge zur Theorie des Mikroskops vom Frühling 1873 (S. 68  $\beta$ ff) den Anlaß geboten haben, aber Näheres dazu hat sich nicht erhalten.

Daß eben dieser Aufsatz im Anfang des Jahres 1874 auf H. Helmholtz wirkte, ist nach <sup>o</sup> auf S. 217 bekannt, und aus diesem Grunde wird vermutlich H. Helmholtz bei der eiligen Vorbereitung <sup>26</sup> 171  $\gamma$  der deutschen Beteiligung an der Londoner Leih-Ausstellung die Aufmerksamkeit auf Abbe bei der Bildung des Jenaer Zweigausschusses gelenkt haben. Leider sind über die damaligen Verhandlungen keine Akten vorhanden, und daher weiß man nicht, wer ihn als den geeigneten Beurteiler für die optischen Hilfsmittel der Mikroskopie dem damaligen preußischen Kultusminister A. Falk empfohlen hat. Für Abbe war diese Abordnung nach London von großer Bedeutung, denn er kam dadurch in nähere Beziehung mit der Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft (Royal Microscopical Society) und hat dort schon (s. S. 97  $\beta$ ) bei seinem ersten Besuche wertvolle Anregungen — so für das erste Mikroskopobjektiv mit homogener Immersion, die erste Paßölinse — heimgebracht.

Tatsächlich ist die Ausführung dieser wichtigen Linse in den letzten Tagen des Jahres 1877, also etwa  $\frac{5}{4}$  Jahre nach seiner Heimkehr, geglückt. Er sandte sie an ihren Anreger J. W. Stephenson, ein Mitglied jener wichtigen Gesellschaft, und die ausgezeichnete Wirkung jener Linse brachte unserm Meister am 1. Mai 1878 die einstimmige Ernennung zum



Ehrenmitglieder der alten und angesehenen Londoner Gesellschaft ein.

Fast genau zu der gleichen Zeit wirkte sich auch Helmholtzens Wertschätzung für Abbe dadurch aus, daß (s. S. 93  $\omega$ ) der große Gelehrte selber — wohl am 15. Mai, dem alten Bußtage Preußens — nach Jena kam, um unserm Meister eine Spezialprofessur für Optik in Berlin anzutragen. Näheres dazu findet sich in <sup>26</sup> 173  $\varepsilon$  bis 175; der Plan mußte scheitern, denn Abbe war schon seit 3 Jahren als stiller Teilhaber an Zeiss gebunden. Mindestens kennt man heute nach <sup>26</sup> 175  $\beta$  den von H. Helmholtz (leider erst spät im November) 1878 abgestatteten Bericht über seinen Mai-Besuch in Jena. — Daß die Berufung und Abbes Ablehnung auf die Jenaer Universitäts-Kuratel einen Einfluß ausübten, wurde schon in dem ersten Abschnitt S. 199  $\alpha$  geschildert.

Als nun im September 1878 der erste Teil des Hofmannschen Sammelberichts über die Londoner Leih-Ausstellung mit Abbes Beitrag erschienen war, da läßt es sich denken, daß im Preußischen Kultusministerium der Name Abbes einen guten Klang hatte. Und das sollte sich nach <sup>27</sup> 280  $\beta$ ,  $\varepsilon$  in den Jahren 1882 und 83 für Abbes und Schotts Glaspläne sehr vorteilhaft erweisen.

Abbes Beitrag zu dem Hofmannschen Sammelbericht hatte aber nach S. Czapskis früher Äußerung (Z. Instrknde 1886, 6, 297  $\gamma$ ) noch den weiteren, für unsern Meister besonders erfreulichen Erfolg, daß er vor Otto Schotts Augen kam und damit die Gelegenheit zur Anknüpfung der Beziehung zwischen diesen beiden Männern bot. Schott hatte sich schon 1879 an Abbe gewandt, doch währte es noch bis in den Anfang des Jahres 1881, ehe es zu einer planmäßigen gemeinsamen Arbeit kam. Schon der erste von beiden Forschern unterzeichnete Bericht — er war am 30. März 1882 eigentümlicherweise an W. Foerster abgesandt worden — ließ Abbes Hoffnung auf eine staatliche Unterstützung der Glasarbeiten erkennen; und als dieser Bericht — erstaunlich spät — an den Preußischen Kultusminister G. v. Goßler weitergegeben

worden war, kam die Angelegenheit in einen etwas rascheren Fluß. Im Herbst wurden im Kultusministerium Vorbesprechungen abgehalten, und die Würdigung von Abbes Persönlichkeit erleichterte die Aufstellung eingehender Pläne. Im Sommer 1883 ging man hierin so weit, daß man nach <sup>27</sup> 280  $\psi$  sogar schon eine Beihilfe von 60000 M. — es ist das der später tatsächlich vom Preußischen Staate in zwei Raten gezahlte Betrag — für die Jenaer Pläne ins Auge faßte.

Als nun im Oktober 1883 die ersten Versuchsausführungen von Mikroskopobjektiven zu einem günstigen Ausblick auf die Zukunft berechtigten, ergriff C. Bamberg, ein treuer Freund der Jenaer Werkstätte, die Gelegenheit, um ein sehr entschiedenes Schreiben wiederum an W. Foerster zu richten, und dadurch wurde der Stein nun wirklich ins Rollen gebracht. Schon am 21. und 22. Oktober stattete der Geheimrat W. Wehrenpfennig, der Vertrauensmann des Kultusministers, Abben in Jena einen Besuch ab, und man stellte in gemeinsamer Besprechung mit den Begründern der Jenaer Versuchsanstalt — das waren Abbe, Schott sowie als dritter Teilnehmer Carl und Roderich Zeiss — den Plan auf, wonach die Unterstützung vor dem Preußischen Landtage beantragt werden sollte in der Absicht, die Schmelzversuche auf einer fabrikationsmäßigen Grundlage zu ermöglichen.

In diese Verhandlungen schob sich die Anerkennung von Abbes technischer Tätigkeit <sup>27</sup> 257  $\alpha$  durch die Verleihung des Hallischen Ehrendoktors der Medizin am Luthertage des Jahres 1883. Die Begründung hebt mit Recht Abbes theoretische und praktische Verdienste um die Leistungssteigerung der Mikroskope hervor; der Verfasser hat sicherlich ein gutes Urteil in dieser Angelegenheit gezeigt.

In den weiteren Verhandlungen mit dem Berliner Kultusministerium zeigte W. Wehrenpfennig ein volles Verständnis für Abbes Wesen. Er erkannte, daß es diesem Gelehrten nicht auf Erwerb oder Ruhm ankomme, sondern auf die Erfüllung seiner Forderungen an die Schmelztechnik. Dabei rückte ihm ein seit dem Jahre 1871 erstrebtes Ziel, die Hebung

der Farbenverschiedenheit des Öffnungsfehlers, also die Bekämpfung des insonderheit störenden Farbenfehlers, in greifbare Nähe.

Die glücklicherweise veröffentlichten Akten zu diesen Glasverhandlungen, wie sie im Kultusministerium aufbewahrt und im Jahre 1928 gedruckt wurden, lassen ein nahes persönliches Freundschaftsverhältnis zwischen Wehrenpfennig und Abbe erkennen. Auch der Minister G. v. Goßler blieb dem nicht fern und zeigte, wie man aus Abbes eigener Erinnerung (S. 137  $\gamma$ ) weiß, noch nach dem Abschluß der Hauptverhandlungen, nämlich im Jahre 1887, eine auf Abbes Sorgen beruhigend wirkende Teilnahme.

Über die beiden vom Preußischen Staate gezahlten Unterstützungen — 1884 von 25000 und 1885 von 35000 M. — braucht hier nicht eingehender gesprochen zu werden, denn sie finden sich mit allen Einzelheiten in der soeben erwähnten Aktenveröffentlichung. Aber man sollte nicht vergessen, daß die daran hauptsächlich beteiligten hohen Staatsbeamten dabei nicht allein ihre Dienstpflicht erfüllten, sondern auch Freude daran hatten, einen selbstlosen Gelehrten von höchstem Range in den Stand zu setzen, einen 15 Jahre hindurch geführten Kampf um die Verbesserung des Mikroskops siegreich zu beenden.

Als nun im Jahre 1886 das große Werk mit der Herausgabe der Apochromate gelungen war, da wird es Abben vermutlich lebhaft erfreut haben, daß (s. S. 179  $\alpha$ ) die große Londoner Mikroskopiker-Gesellschaft — abweichend von ihrem sonstigen Brauch — auch den Katalog der Apochromate in ihre Zeitschrift aufnahm. Es handelte sich dabei tatsächlich um eine wissenschaftliche Arbeit.

Im Zusammenhange mit den Glasverhandlungen im Preußischen Kultusministerium wird es stehen, daß Abbe in das Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt berufen wurde, und zwar 1887 für 5 Jahre, eine Zeitspanne, die am 24. Januar 1893 noch bis zum Ende des Jahres 1897 ausgedehnt wurde. Dagegen mußte der Meister 1892 die Be-

rufung als beigeordnetes Mitglied der Normal-Aichungskommission<sup>1)</sup> ablehnen, da ihm die Erfüllung der ihm obliegenden Pflichten keine Zeit dazu übriglasse.

An den Sitzungen des Kuratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hat sich Abbe mit Lebhaftigkeit beteiligt: er konnte für ein hohes Ziel wirken und hat seine Zeit gern zum Opfer gebracht. Die technischen Optiker werden ihm besonders sein Fürwort für die Unterstützung der 1881 begründeten Zeitschrift für Instrumentenkunde danken. Die Gesamtheit der im Laufe der Jahre dafür zuerst von Preußen, dann vom Reich geleisteten Zuschüsse überstieg merklich den Gesamtbetrag der für das optische Glas flüssig gemachten Mittel von 60000 M. Abbe hat nicht daran gezweifelt, daß diese (heute fast 60 Jahre bestehende) Fachzeitschrift solche großen Opfer auch wirklich verdiene.

Wegen des Jenaer juristischen Ehrendoktors am 13. Dezember 1896 ist auf S. 152  $\alpha$  zurückzuverweisen. Nicht ganz 5 Jahre später erfolgte auf den Vorschlag von W. Ostwald und O. H. Wiener am 20. Juli 1901 die Wahl zum Ehrenmitgliede der Sächsischen Akademie der Wissenschaften und im gleichen Jahre am 3. August die Wahl zum Ehrenmitgliede der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Einzelheiten über die Vorschlagenden sind hierfür nicht zu beschaffen gewesen. — Hier ist dann noch nach <sup>28</sup> 336  $\omega$  am 4. Dezember 1903 die Mitteilung anzuschließen, wonach der Prinzregent Luitpold von Bayern unsern Meister zum Mitgliede des Kgl. Maximiliansordens in der Abteilung für Wissenschaft ernannt hatte. Ich verweise dabei auf jene Stelle, aus der die freundschaftliche Einwirkung des Kurators H. Eggeling deutlich hervorgeht.

---

1) Gelegentlich ist auch bemerkt worden, daß ihn das Deutsche Museum in München mehrere Jahre zu seinen Vorstandsmitgliedern zählte. Durch eine Anfrage bei der Museumsleitung wegen einer genauen Zeitangabe stellte es sich heraus, daß die obige Bemerkung nicht zutrifft: Abbe hat dem Vorstande des Deutschen Museums nicht angehört. v. R.

Geht man nun zu den viel dürftigeren Nachrichten über die Aufnahme von Abbes Veröffentlichungen über, so wird ihn zunächst wohl H. E. Fripps Übersetzung seiner Beiträge zur Theorie des Mikroskops vom Jahre 1875 erfreut haben, um so mehr als er aus des Übersetzers eigenen Worten erkennen konnte, mit welchem Eifer dieser seine Aufgabe erfüllt hatte.

Eben diese Arbeit vom Frühjahr 1873 hat ihn auch mit L. Dippel in Verbindung gebracht, und er hat nach <sup>27</sup> 275  $\gamma$  von etwa 1879 ab selber Dippeln mit der Vertretung dieser seiner Ansichten betraut. Man sollte auch nicht vergessen, daß dieser Hochschullehrer durch Bücher und Vorlesungen auf dem schwierigen Gebiete der Bilderzeugung im Mikroskop allein Schüler heranzog. Nach <sup>24</sup> 83  $\alpha$  hat die optische Werkstätte Jenas von Dippels Lehrtätigkeit noch reiche Früchte geerntet.

Was aber Abbes Lehre von den optischen Instrumenten angeht, worüber er seit dem Sommersemester 1874 gelesen hat, so darf aus <sup>26</sup> 174  $\psi$  geschlossen werden, daß er jedenfalls im Hochsommer von 1878 der Meinung war, seine Lehren fielen in Jena auf keinen aufnahmebereiten Boden. Man kann wohl annehmen, daß er dafür in Berlin eifrigere und verständnisvollere Schüler gefunden haben würde. In der Tat ist der Hauptteil dieser Lehre, d. h. alles was unter den Voraussetzungen der Strahlenoptik entwickelt worden ist, erst von S. Czapski, und zwar vermutlich seit dem W.S. 1886/87 niedergeschrieben sowie 1893 abgeschlossen worden. Man wird mit Recht annehmen können, daß er auch die Vorlesungen vom S.S. 88, vom W.S. 88/89 sowie vom W.S. 90/91 mit hinzugezogen hat; ob das auch für das S.S. 85 gilt, was man nach <sup>11</sup> 12  $\omega$  annehmen könnte, vermag ich nicht zu sagen, da ich nicht weiß, wieweit er damals durch seine Tätigkeit bei Bamberg am Besuche dieser Vorlesung gehindert wurde.

Er hat sich aber nicht auf die Vorlesungen beschränkt, sondern aus früheren und späteren Veröffentlichungen Abbes Ableitungen in seine Theorie hineingenommen. Die Lehre von

der Beugung hat er nach <sup>10</sup> VII  $\beta$  nicht berücksichtigt. — Merklich später, im Jahre 1910, haben O. Lummer und Fr. Reiche den Versuch einer Darstellung gewagt, die sich an ein vor 5 Hörern im W.S. 87/88 <sup>20</sup> VII  $\beta$  und <sup>11</sup> 28  $\omega$  von Abbe über die Beugungstheorie gelesenes Privatissimum (s. S. 197  $\psi$ ) anschloß.

Genaue Daten zu Abbes Entwicklung der Strahlenoptik wird man aus Czapskis Darstellung <sup>10</sup> freilich nicht entnehmen können, da Abbe in jener Zeit — zunächst mit dem „Ministerialfonds“ und dann mit der Errichtung der Stiftung beschäftigt — nicht eben willig auf solche geschichtliche Anfragen geantwortet haben mag. Derartige Schwierigkeiten deutet Czapski auf Seite VII/VIII seiner mit März 1893 bedateten Vorrede <sup>10</sup> selber an, wenn er sagt: „Was jedoch diese „Darstellung selbst betrifft, so brachten es die Verhältnisse „mit sich, daß ich trotz stetem persönlichem Verkehr mit „diesem meinem verehrten Lehrer und Freunde kaum mehr „als den allgemeinen Plan und Gang derselben mit ihm besprechen konnte, die Ausführung im Einzelnen aber mir „allein oblag und ihm noch heute kaum zu Gesicht gekommen ist.“

Immerhin bringt die Ausgabezeit im Jahre 1891 für den ersten bis zu Seite 96 reichenden Teil eine gewisse Möglichkeit der Bedatung: er wird vermutlich auch Abbes optische Vorlesung vom W.S. 88/89 benutzt haben, und daher werden die Darlegungen zu den Formeln für die Abbildung in den schiefen Bündeln stammen. Nach der Darstellung (S. 181  $\psi$ ) müssen sie, für die Bedürfnisse der Werkstätte entwickelt (s. a. <sup>24</sup> 102/03), schon in den ersten Monaten des Jahres 1888 fertig vorgelegen haben. — Auch für die Lehre von der Strahlenbegrenzung ist diese Darstellung von Bedeutung, da Abbe in seinen eigenen Schriften, abgesehen von Seite 52/3 u. 106/7, darauf nicht näher eingegangen ist. Aus dem Czapskischen Buche von 1893 erkennt man, daß sie Abbe in seinen Vorlesungen in erster Linie oder sogar so gut wie ausschließlich für das Mikroskopobjektiv durchgeführt, die Aufgabe der Abbildungstiefe also

nur eben gestreift hat. Dieser Tatbestand ist sogar durch Czapskis Vorrede (S. IX  $\gamma$ ) zu der 2. Auflage seines Buches vom September 1904 ausdrücklich gesichert. — Allerdings muß man darauf hinweisen, daß vom 1. Oktober 1889 ab, nach Czapskis Berufung in die Geschäftsleitung, die Zeit sehr beschränkt gewesen sein wird, die er dem Buche hat widmen können.

Das Czapskische Buch hat später noch zwei Auflagen erreicht und gibt die Abbesche Strahlenoptik am eingehendsten wieder; es ist sehr bedauerlich, daß den Verfasser seine dienstlichen Beanspruchungen fast ganz hinderten, sich an der zweiten Auflage zu beteiligen. Die dritte Auflage hat er nicht mehr erlebt. — Er hat aber damit begonnen, auch über besondere Leistungen Abbes, beispielsweise auf S. 179  $\beta$  über das Mikroskopobjektiv mit ( $n_A = 1.60$ ) Monobromnaphthalin zu berichten. — Wenn er hierzu 1889 den Auftrag wohl unmittelbar von Abbe übernommen hat, so hat er a. S. 189/90 selbständig noch sehr wichtige Angaben zu Abbes Arbeiten am Handfernrohr gerettet. Man erkennt daraus, daß Abbe seinem in <sup>28</sup> 310  $\psi$  abgedruckten Plane von 1891 tatsächlich umfangreiche Rechnungen hat folgen lassen. Ohne Czapskis gleichsam überschauenden Bericht würde man hier ganz im Dunkeln tappen. Man wird auch annehmen können, daß Czapski noch weitere Mitteilungen aus seiner nahen Kenntnis Abbescher Pläne gemacht haben würde, doch war ihm dazu die Lebensdauer allzu kurz zugemessen. Der einzige Band der Bilderzeugung in optischen Instrumenten ist auf Czapskis Anregung (s. S. 196  $\alpha$ ) entstanden und Ende Dezember 1903 abgeschlossen worden.

Eine zusammenfassende, für dieses Buch ausgiebig benutzte Darstellung brachte im Spätsommer 1917 F. Auerbach<sup>6</sup> heraus, und sie rief bald die ergänzende Darstellung<sup>23</sup> hervor. Was zunächst auf Anregung von M. Fischer<sup>†</sup> seit dem Jahre 1926 gesammelt und bis 1938 fortgesetzt wurde, ist in dem Vorwort auf S. V/VI gekennzeichnet worden.

## Abbes letzte Jahre

(nach <sup>6</sup>467 ff).

Am 1. April 1903 (467 β) wurde eine lange Geschäftsleitungssitzung abgehalten, die letzte, an der Abbe teilnahm; kurz vor ihrem Schluß entfernte er sich stillschweigend und alle Abschiedsworte ablehnend, fast 28 Jahre nachdem er Carl Zeissens Partner geworden war. Die Reise nach dem Süden wurde beschleunigt, und am 3. April (468 ω) trat man die Abreise von Hamburg mit einem Dampfer der Deutsch-Ostafrika-Linie an. Auf diese Weise traf man am 22. April (470 α) im Dohrnschen Hause in Neapel ein, von wo aus das Abbesche Ehepaar am 19. Mai nach Genua weiterfuhr. Ein Brief A. Dohrns gleich nach der Abreise seiner Gäste (470/71) schildert den Eindruck von Abbes Befinden als ganz schlecht, ja verzweifelt. Mitte August (474 α) langten die beiden Eheleute wieder in Jena an, und hier ging es unter H. Bergers, Abben sehr zusagender Leitung wieder besser; er konnte sogar in das Volkshaus hinübergehen und sich den großen Saal zeigen lassen. Am 24. September (467 β) wurde Abbes Rücktritt den Geschäftsangehörigen bekanntgegeben, und am 2. Oktober brachte die Belegschaft Abben einen großen Fackelzug, an dem er noch wirklich Freude gehabt hat. Ein Bericht darüber findet sich nach der freundlichen Auskunft des Herrn B. Vopelius im Jenaer Volksblatt vom 4. Oktober 1903. Aus den dort mitgeteilten Einzelheiten sei hier darauf hingewiesen, daß sich etwa 1500 Angehörige der Stiftungsbetriebe an der Kundgebung beteiligten. Caesar Otto, einer der ältesten Arbeiter der optischen Werkstätte, richtete ein kurzes Wort des Dankes an den Gefeierten, bevor er das Hoch auf ihn ausbrachte. — In den letzten Tagen des Dezember 1903 durfte ich ihm noch das Widmungsstück des 1. Bandes der Bilderzeugung in optischen Instrumenten überreichen. Ihm machte das Buch auch noch Freude, aber er wird nicht mehr darin gelesen haben. Sein Befinden verschlechterte sich im Frühjahr 1904 immer mehr, und auch die Reise über Frankfurt



in das Schützische Haus und dann in die Schweiz nach Lugano konnte keine Änderung herbeiführen. Als er nach Jena heimkehrte, war er ein Sterbender, und die immer traurigeren Nachrichten, die aus seinem Hause an die Belegschaft gelangten, ließen das Lebensende geradezu herbeisehnen. Es trat am 14. Januar ein.

Dem bewundernden Helfer machte Beides den tiefsten Eindruck, was Abbe geschaffen hatte und was er gewesen war. Je tiefer er in die Lehre von den optischen Vorkehrungen eindrang, desto klarer wurde die Erkenntnis, daß der Meister zu allem den Grund gelegt hatte, was den Schüler umgab und woran er zu wirken hatte.

Die in Jena gefundene Möglichkeit zu leben und zu wirken ging auf den Meister zurück, die wissenschaftlichen Aufgaben, die man sich selber stellte, die Auffassung, in der man sie angriff, die Einwirkung der älteren und reiferen Kollegen, die schon damals vorhandenen Hilfsmittel zur Erleichterung wissenschaftlicher Arbeit, alles dies wäre ohne die Tätigkeit des Meisters nicht vorhanden gewesen.

Und der Mann von so überragender Leistung hatte gar nichts Ruhmrediges in seinem Auftreten: es war ihm das Selbstverständliche, seine Pflicht zu erfüllen, mochte die reine Wissenschaft oder der auf ihn angewiesene technische Betrieb seiner Arbeit bedürfen. Vor allem aber wünschte er nicht, in dem Munde der Leute zu sein, auch nicht, wenn sie ihn lobten. Wo er es irgend vermochte, hat er die Kunde von dem Verlauf von Feiern, denen er sich nicht wohl entziehen konnte, der Kenntnis weiterer Kreise so sorgfältig entzogen, daß die Leere der Berichterstattung heute noch den Schilderer seines Lebens beengt und bekümmert.

Seiner eigenen Lebensauffassung ist er immer treugeblieben, und auch der Anfänger empfand, daß dieser Mann den auf die meisten wirkenden Lockungen von Geld, Stellung, Ruhm oder Auszeichnungen überhaupt nicht zugänglich war.

Kaum setzte es in Erstaunen, daß er auf sein Vermögen verzichtet hatte, weil er die Berechtigung des — damals allseits anerkannten — Besitztitels bestritt und sein Eigentum der Erfüllung seiner beiden hauptsächlichen Forderungen ohne Abzug zuführen wollte: der Hebung des Lebensstandes für den Fabrikarbeiter und der Förderung namentlich naturwissenschaftlicher Forschung an der Jenaer Hochschule.

Daß Abbe von dem Angestellten die Erfüllung der einmal übernommenen Pflichten gegen die Stiftungssatzung verlangte, war selbstverständlich, und man wäre sich selber eines solchen Vorbildes unwert erschienen, hätte man nicht mit vollem Ernst gesucht, seine Pflicht zu erfüllen.

Der Helfer hatte den unschätzbaren Vorzug, den bewunderten Meister gelegentlich um Rat fragen zu dürfen und seine Güte bei der Antwort zu erfahren. Und nimmt man hinzu, daß Abbe auch in den letzten Jahren seiner Berufstätigkeit frei geblieben war von Menschenverachtung und gern an das Gute im Menschen glaubte, so wird man des Helfers unbegrenzte Verehrung für den Meister verstehen können.

Freilich blieb die natürliche Rückwirkung nicht aus: nach Abbes Tode erschien ihm die Zukunft grau und reizlos. Um so heller und sonniger wirkte zunächst der Rückblick auf die wunderbaren Jahre der Helferschaft bei dem Verewigten, dann aber und für die Dauer die mit dem Alter sich vertiefende Erkenntnis von dem Ewigkeitswerte des Abbeschen Lebenswerks. Auch wo, wie etwa bei der Berücksichtigung des blickenden Auges, das Lehrgebäude Abbes durch einen Ausbau etwa Gullstrandscher Planung erweitert werden mußte, ließ sich für die optischen Geräte das Neue sehr wohl mit dem optischen Formelschatze des Meisters durchführen.

Und so liegt sein Leben vor dem Auge des dankbaren Nachfahren faltenlos und leuchtend ausgebreitet mit seiner Begabung und seinem Fleiß, seiner Dankbarkeit und Treue, seiner Opferfähigkeit und Bescheidenheit. Was er geschaffen, wird noch auf lange Zeit die Entwicklung der technischen

Optik bestimmen. Gerade wenn man ihn einem so bedeutenden Vorgänger wie Fraunhofer gegenüberstellt, erkennt man, wie er auf allen Punkten dessen Aufgaben dankbar aufnimmt, sie erweitert stellt und mit größeren Mitteln, tiefergreifender Vorbildung und längerer Wirkungszeit löst oder doch der Lösung näherbringt.

Mit Recht kann man darauf hinweisen, daß er der Abfassung der Stiftungssatzung seine Gesundheit, den Betrieben und der Stiftung überhaupt sogar sein Leben zum Opfer gebracht hat. Wohl kann man im Anschluß an seine eigenen Worte von ihm selber sagen, daß er die Erreichung seiner Ziele höher gehalten hat als sein eigenes Leben.

## Nachweise und Anmerkungen.

Anfänglich sind unsere Angaben hauptsächlich <sup>6</sup> entnommen, doch sind auch verschiedene Nachrufe herangezogen worden. Je mehr Abbes Tätigkeit in das optisch-technische Gebiet einmündet, desto zahlreicher werden die Verweisungen auf meine eigenen, seit 1926 auf die Anregung von M. Fischer † hin durchgeführten Untersuchungen zur Geschichte der Werkstätte<sup>24</sup> und der Arbeitsgemeinschaft<sup>26—28</sup>.

<sup>a</sup> S. 3 α. Es ist durchaus nicht verwunderlich, daß die derzeitige radikale Richtung der schönen Literatur und der Zeitungen in dem Hause Adam Abbes gebilligt wurde. Die kleinen thüringischen Staaten waren als politische Gebilde ohne Kraft und konnten die einfachsten und ersten Pflichten eines machtvollen Großstaates überhaupt nicht ernsthaft angreifen. Die geringeren Ansprüche, die, verglichen mit Preußen, an den Staatsbürger gestellt wurden, empfand man als angenehm. Bei der Kriegsbedrohung durch Frankreich von 1840 ließ man sich tatsächlich nicht ungerne durch Preußens Heer schützen, aber man kann schwerlich erwarten, daß ein Arbeiter wie Adam Abbe die kaum verstandene Gefahr und ihre Abwendung richtig eingeschätzt hätte. —

<sup>b</sup> S. 3 ω. Wenn etwa <sup>6</sup> 34 angedeutet wird, die Eichel-Streibersche Familie sei geradezu als ein Musterbild kapitalistischer Anschauungen anzusehen, so kann ich dem nicht zustimmen. Damals war allgemein das soziale Gefühl im deutschen Sprachgebiet noch nicht weit entwickelt, von einem Recht auf Arbeit und dem Schutz des Fabrikarbeiters gegen Ausnutzung war noch nicht die Rede: was zur Abhilfe der zum Himmel schreienden Notstände geschah, wurde auf das Mitgefühl und etwa die christliche Caritas gegründet. —

<sup>c</sup> S. 3 ω. Die Verpflichtung, die Vater Adam für seinen Sohn übernahm, läßt sich auch aus Abbes curriculum vitae <sup>6</sup> 86 ω entnehmen und ebendaher auch sein eigener Entschluß, jener Verpflichtung zum Trotz nach Ablegung der Schlußprüfung Mathematik zu studieren. Aus S. 2 β ist aber zu ersehen, daß Abbe von den Besitzern der Spinnerei aus eigener Erfahrung ebenfalls — also doch auch wegen der Freischule — als wohlwollend und fürsorglich für ihre Arbeiter sprechen konnte. —

<sup>d</sup> S. 3 ω. Aus einem freundlichen Briefe des Hrn. Dr. Waldmann vom 2. Oktober 38: „Nach von mir aufgefundenen Schulakten erhielt Ernst Abbe ab Michaelis 1854 eine sogenannte landesherrliche Freistelle für die ganze Dauer seiner Schulzeit. Diese bestand in dem Erlaß

des Schulgeldes, das jährlich 15 Rthlr. betrug. Der Betrag ist für die Familie Abbe keineswegs gering einzuschätzen.“ . . . . „Das von Auerbach erwähnte Eichel-Streibersche Familienstipendium erhielt Abbe ab Sexta, und es ist sicher, daß dieses auch nach der Verleihung der landesherrlichen Freistelle beibehalten wurde.“ —

<sup>e</sup> S. 4  $\gamma$ . Zur tätigen Teilnahme des Direktors Köpp. Ebenfalls nach freundlichen brieflichen Mitteilungen Hrn. F. K. Waldmanns.

<sup>f</sup> S. 10  $\beta$ , 11  $\alpha$ . Aus Abbes Brief an C. Martin vom 16. Sept. 1860: . . . . „Indeß habe ich damit noch lange nicht alle Hoffnung aufgegeben, einmal nach Berlin zu kommen; vielmehr rechne ich sogar ganz sicher darauf, dies auf die eine oder die andere Weise noch einmal möglich zu machen. Und zwar kalkuliere ich vorerst also: — Ich bin jetzt genötigt, mir ein Unterkommen zu suchen um jeden Preis, was es auch sei — denn ich mag auf keinen Fall meinem Alten zur Last fallen (bis jetzt bin ich ihm das nicht gewesen, da ich in den letzten beiden Jahren je 200 Rth. von Eichels und 40 Rth. Stipendium bekommen habe, womit ich wohl ziemlich ausgekommen bin).“ . . . .

[Er setzt seine Pläne auseinander, die darauf hinauslaufen, eine Privatstellung zu gewinnen, in der er noch Zeit hätte, sich auf eine akademische Tätigkeit vorzubereiten. Vielleicht könne ihm C. Martin eine derartige bescheidene Stelle in Berlin verschaffen. — Er will aber keine Hauslehrerstelle in einer vornehmen Familie.]

. . . . . „Nach Berlin zu kommen wäre mir aus mehr denn einem Grunde ganz besonders erwünscht — eine große Stadt, die Metropole der deutschen Bildung, kennen zu lernen — die reichen wissenschaftlichen Schätze der Universität noch auszubeuten u. dgl. — und so lange Du noch da bist, ist der nicht letzte [Wunsch], Deine Gesellschaft dort zu genießen. —“

<sup>g</sup> S. 13  $\psi$ , 18  $\psi$ , 201  $\alpha$ . Beim Eintritt in die Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinische Akademie der Naturforscher hat Abbe am 28. November 1873 die Frage nach seinen früheren Stellungen, wie folgt, beantwortet:

„Nach Beendigung meiner Universitätsstudien bin ich ein Semester lang (bis Herbst 1861) an der Göttinger Sternwarte aushilfsweise als Assistent tätig gewesen. Von da ab bis zum Herbst 1862 war ich Lehrer für Physik beim Physikalischen Verein in Frankfurt a. M. Nach Jena übergesiedelt, habe ich mich daselbst im Sommer 1863 für Mathematik und Physik habilitiert und bin seitdem ununterbrochen in dem hierdurch erlangten Wirkungskreis tätig gewesen.“

<sup>h</sup> S. 14  $\gamma$ . Aus Abbes Brief an C. Martin vom 27. April 1862: „Von Mitte Mai ab werde ich in wöchentlich einer Stunde eine Reihe von Vorträgen halten, zu deren Thema die neueren physikalischen Lehren von der Äquivalenz der Aktionen — der Wechselbeziehungen zwischen den Naturkräften und Naturprozessen — in Abrede genommen

ist — ein etwas allgemeines und abstraktes Thema zwar, von dem ich aber glaube, daß sich ihm ein weiteres Interesse abgewinnen läßt, wie es sich auch durch die Mannigfaltigkeit des Darzubietenden und den freien Spielraum, den es darin dem Vortragenden läßt, empfiehlt.“ . . . .

<sup>i</sup> S. 14δ. Aus Abbes Brief an H. Schütz vom 31. August 1862 aus Frankfurt: . . . . . „Abgesehen nämlich von den wöchentlichen 2 Stunden à 1 fl., die ich von nächster Woche ab dem jungen v. d. Pfordten<sup>1)</sup> zu geben habe, und abgesehen von andern, die mir, wie ich höre, von Seiten Claßens bevorstehen, habe ich dieser Tage auf eine sehr sonderbare und unerwartete Weise Privatstunden vollauf bekommen. Mein früherer Lehrer nämlich, der Direktor des Eisenacher Realgymnas[iums] schrieb mir vor einigen Tagen, es habe sich bei ihm ein 22jähriger Architekt zum Examen bei der Schule gemeldet (das die Voraussetzung für Zulassung zum Staatsdienste ist), seine Schulbildung in Mathematik, Naturwissenschaften und Sprachen habe sich aber als so mangelhaft erwiesen, daß er jetzt die fragliche Prüfung unmöglich bestehen könne. Es sei ihm nun alles daran gelegen, wenigstens bis Ostern dazu zu kommen. Ob ich ihm die nötige Vorbereitung dazu geben wolle — dann werde er hierher kommen, sich hier einmieten und bei mir Unterricht nehmen — wenigstens 3 Stunden pro Tag. Ich erklärte natürlich sogleich meine Bereitwilligkeit dazu, den Auftrag zu übernehmen, wenn der Mann nicht auf eine einfachere und weniger kostspielige Weise sein Ziel erreichen könne. Als Honorar erklärte ich, auf seine Anfrage hin, 2 fl. pro Tag beanspruchen zu wollen. Vorgestern erhielt ich vom Direktor Köpp Antwort, worin angekündigt ist, daß der betreffende dieser Tage schon eintreffen werde und ich mich einweisen nach einer Wohnung für ihn umsehen möchte, sowie ferner, daß er, Köpp, ihm angedeutet habe, ich würde 3 fl. pro Tag verlangen.“

<sup>j</sup> S. 16γ. Über die Kosten der Habilitation bin ich trotz allen Bemühungen außerstande, eine Angabe zu machen.

<sup>k</sup> S. 28β. S. Czapski hat in der Z. Instrknde 1892, **12.** in der Anmerkung auf S. 193 die folgende hierher gehörige Bemerkung gemacht: „Ein im Wesentlichen nach denselben Prinzipien [des letzten Abbeschen Fokometers] gebauter Apparat befindet sich schon seit dem Jahre 1867 hier im Gebrauch: zu jener Zeit diente derselbe Herrn Prof. Abbe bei seinen ersten Arbeiten auf dem Gebiete der praktischen Optik, um die Brennweite von Mikroskopobjektiven und deren Bestandteilen zu messen

---

1) Es handelte sich offenbar um einen Sohn des seit dem 1. Mai 1859 tätigen bayrischen Bundestagsgesandten L. K. H. Frhrn. v. d. Pfordten, der später, beim Kriegsausbruch des Jahres 1866, der bayrische Ministerpräsident war. v. R.

und den erreichbaren Grad der Übereinstimmung zwischen Rechnung und praktischer Ausführung festzustellen.“

<sup>1</sup>S. 35  $\alpha$ . S. Czapski hat in seinem Nachruf — man sehe auch <sup>24</sup>24  $\omega$  — von Abbe „jahrelangen Mißerfolgen“ bei den frühen Versuchen mit Mikroskopobjektiven geringen Öffnungswinkels berichtet, und man darf bei den vertrauten Beziehungen zwischen Abbe und Czapski diese Angabe nicht unbeachtet lassen. Sie wird sich aber wohl nur auf den ersten Beginn nach dem Februar 1869 beziehen. Bei der großen Rechenfertigkeit, die H. Boegehold auch in Abbes Rechenheften von 1869 feststellen konnte, ist es H. Boegeholden ebenso wie mir ganz unwahrscheinlich, daß er längere Zeit bei kleinen Öffnungswinkeln beharrt hätte, wenn sie unbefriedigend wirkten. Außerdem ist auch eine ganze Anzahl seiner frühen Rechnungen gar nicht für kleine Öffnungswinkel angesetzt. Wir beide möchten vielmehr annehmen, daß Abbe damals noch die Kenntnis einer wichtigen Forderung, der Erfüllung der Sinusbedingung, gefehlt habe.

Was diese Sinusbedingung angeht, so verlegt Auerbach 1903 in der ersten Auflage (S. 118) seiner zuerst <sup>24</sup>117 unter Nr. 7 aufgeführten Schrift die Vorausbestimmung aller Konstruktions-elemente des Mikroskops durch Abbe auf das Jahr 1868 und gibt später <sup>6</sup>187  $\beta$  ausdrücklich an, Abbe habe den Sinussatz 1868 gefunden. Da keinerlei Beleg für diese Behauptung mitgeteilt wird, so mag diese Zahl, wie folgt, erschlossen worden sein: Abbe sei 1866 in die Werkstätte eingetreten, und da von ihm aus Jena vor 1870 keine optische Arbeit bekannt war, so seien die rechnerischen Vorarbeiten wohl auf die Mitte zwischen diesen Grenzen anzusetzen. Durch die 1936 bekanntgewordenen Snellschen Mitteilungen <sup>17</sup> = <sup>26</sup>163  $\phi$  ist Sicherheit für den Beginn des Rechenwerks im Februar 1869 geschaffen, so daß man das Jahr 1868 dafür aufgeben muß. — Eigentümlicherweise hat sich <sup>6</sup>190  $\beta$  eine Kenntnis der kritischen Zeit zwischen 1869 und 1871 erhalten, doch ist der Mißerfolg irrtümlich auf das Jahr 1871 gesetzt worden. Das läßt sich nicht halten, da ja 1872 eben <sup>3</sup>138 = <sup>27</sup>285  $\omega$  bei der Abrechnung für das Jahr 1871 Abbe ein unverhofft großer Gewinnanteil für 1871 ausgezahlt wurde.

Die Schwierigkeiten, die Abbe bei der Aufstellung der Sinusbedingung bewältigte, hat er 1879 <sup>1</sup>219/20 geschildert, doch sollte man zweckmäßig auch <sup>1</sup>214 heranziehen.

<sup>m</sup>S. 36  $\alpha$ . <sup>31</sup>228  $\beta$  findet sich auf Abbes inneres Wesen ein Hinweis, von dem auf S. 36  $\alpha$  Gebrauch gemacht worden ist. — Freilich ist die dort angeführte Zeitangabe sehr dürftig, denn was bedeutet „im Anfang seiner industriellen Tätigkeit“? Schon 1867/68 wird er bei der Durchführung der Teilarbeit gelegentlich mit den Linsenschleifern in Berührung gekommen sein, und um 1872, bei einer Belegschaft von 20 Personen,

werden auch die Metaldreher von ihm gewußt haben. Gegen Ausgang des Jahres 1871 nach den vielfachen zuerst vergeblichen, später von vollem Erfolg gekrönten Versuchen mit den starken Trocken- und Wasserlinsen kann unter der kleinen Gefolgschaft die bloße Kenntnis schon durch ein Gefühl der Bewunderung ersetzt worden sein. Daher habe ich auf S. 36  $\alpha$  die spätere Zeit als gültig angenommen.

<sup>n</sup> S. 57  $\beta$ . Die Darstellung für die Objektive mit gemeinsamer Fehlerhebung habe ich schon 1936 <sup>25</sup> 4/15 geschrieben, um willigen Lesern sowohl von den Zwischenfehlern als auch von dem Farbenunterschied der Öffnungsabweichung einen ersten Begriff zu vermitteln, denn ohne einen solchen kann er sich keine zutreffende Vorstellung von den Apochromaten bilden. Hier habe ich einen ähnlichen Wunsch für die uns jetzt glücklicherweise bescherte Kenntnis einer frühen Form des Polyop-Objektivs von 1873 zu verwirklichen gesucht.

Unser Meister hat selber nie den Versuch gemacht, für derartige Aufgaben einfache Schaubilder zu verwenden, meiner Meinung nach — wobei mir meine Freunde H. Boegehold und A. Köhler zustimmten —, weil seine Rechenanlage sich gerade für solche Schaubilder nicht wohl eignete.

<sup>o</sup> S. 68  $\alpha$ . Über die erste Arbeit, die Beiträge zur Theorie des Mikroskops usw., sind einige Zeitangaben zu machen. Es sei <sup>o</sup> 313 Ende entnommen: „Abbe hatte seine Abhandlung Ende 1872 an Max Schultze für dessen Archiv gesandt, wo sie im April 1873 erschienen ist.“ Auch ist <sup>23</sup> 319  $\beta$  sogar bekannt, daß Max Schultzes Antwortbrief mit dem 8. Januar 1873 bedatet war. Also kann in dieser Arbeit Abbes noch kein Gebrauch von den Ergebnissen des ersten Polyop-Objektivs (S. 63  $\beta$ ) gemacht worden sein. — Für manche Leser wird der Hinweis nützlich sein, daß sich H. Helmholtzens Brieflein unter dem 21. Januar 1874 <sup>6</sup> 314  $\alpha$  abgedruckt findet. Helmholtz erkennt darin die Vorgängerschaft der Abbeschen Beiträge zur Theorie des Mikroskops an.

<sup>p</sup> S. 91  $\omega$ . Man wird hierfür auch auf eine merklich frühere Aufzählung hinweisen können, die sich Ende 1888 in dem nicht unterzeichneten Nachruf auf Carl Zeiss in der Jenaischen Zeitung findet. Dieser Nachruf stammt wahrscheinlich aus der Feder von Roderich Zeiss, hebt aber dessen eigene Einwirkung nicht annähernd so deutlich hervor, wie es 8 Jahre danach durch Abbe geschehen ist. Der Wortlaut möge folgen: . . . . „Das Zeiss'sche Institut hat jetzt eine besondere, mechanische und optische Abteilung, seine Schlosserei, Gießerei, Tischlerwerkstätte, Gravieranstalt, Maschinenfräserei, Polierwerkstätte, Vernicklungsanstalt usw. usw.“

<sup>q</sup> S. 113  $\phi$ . Der Wortlaut <sup>1</sup> 452  $\beta$  ist, wie folgt: „Außerdem aber war es auch mit dem bis jetzt verfügbaren Glase nicht möglich — wenig-



stens nicht in praktisch durchführbaren Konstruktionstypen — die sphärische Aberration für mehr als eine Farbe aufzuheben.“

In der (s. <sup>1</sup> 472  $\omega$ ) angeführten, von Abbe durchgesehenen Übersetzung ins Englische durch H. A. Miers lautet die Stelle: . . . „Besides this, it has been impossible with the glass hitherto available, at least with types of construction which could be used in practice, to correct the spherical aberration for more than one colour.“ — . . .

Sieben Jahre später hat S. Czapski <sup>10</sup> 222  $\omega$  jede Bezugnahme auf den Teilapochromat von 1879 unterlassen, denn sein Text lautet dort: . . . „Von wesentlich größerem Einfluß auf die Bildqualität ist vielmehr die früher als chromatische Differenz der sphärischen Aberration bezeichnete Variation der letzteren mit der Wellenlänge. Ihre Beseitigung — früher mit den zur Verfügung stehenden Glasarten unausführbar, erst seit 1886 durch die von der Jenaer Glasschmelzerei hergestellten neuen Gläser möglich geworden — bildete eines der wesentlichsten Hindernisse für eine gute Wirkung der Systeme größeren Öffnungswinkels.“ . . .

<sup>1</sup> S. 145  $\beta$ . Die hier vertretene Zeit um 1881 herum läßt sich aus meiner Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs erschließen, wo es S. 350  $\phi$  heißt: „Er [Moser] machte die oben S. 346 besprochene Übersiedlung nach Oberursel mit, ging aber 1881 nach Berlin zurück, wo er neben spektrometrischen Untersuchungen sich auch mit der Berechnung von Doppelfernrohren beschäftigte, die von dem Optiker Otto Derge ausgeführt wurden.“

Diese Aussage läßt sich glücklicherweise durch die Anzeige zur Geschäftseröffnung von Otto Derge „im August 1881“ bedaten. Sie findet sich auf der ersten Anzeigenseite in Nr. 17 der Centr. Z. f. Opt. u. Mech. 1881, 2. vom 1. September und enthält einen Hinweis auf wissenschaftliche Beratung des Anzeigenden.

An das Jahr 1883/84, wie noch <sup>24</sup> 83  $\gamma$  angenommen, möchte ich heute nicht mehr denken, da C. Moser damals, wie ich inzwischen erfahren habe, bei C. Bamberg arbeitete. Abbe würde nie daran gedacht haben, einem Bekannten — und nun gar einem so erprobten Freunde — einen Helfer abwendig zu machen.

<sup>5</sup> S. 146  $\beta$ . Diese Auskunft geht in erster Linie auf eine Äußerung Hrn. H. Bergers zurück, der sie noch aus Abbes eigenem Munde erhalten hat. <sup>6</sup> 264  $\alpha$  ist als Berater Abbes der ihm — s. auch <sup>24</sup> 83  $\omega$  — von seinem ersten Aufenthalte in London her bekannte L. Löwenherz genannt, der zwischenein zum Leiter der 2. (technischen) Abteilung der noch in der Entwicklung begriffenen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt aufgerückt war. — Die Empfehlung durch H. Helmholtz hat die größere Wahrscheinlichkeit für sich und wurde mir auch von einem andern nahen Bekannten Abbes bestätigt.

<sup>t</sup> S. 147  $\phi$ . Zur ersten Einführung von Flußspat in Mikroskopobjektive hat sich dankenswerterweise H. Boegehold ausführlich geäußert und mir am 9. November 1939 die folgende, wörtlich angeführte Mitteilung übergeben:

„Ich habe 1936 in den Akten unseres Betriebsbüros die Zeichnungen zu den beiden Objektiven gefunden, die Abbe <sup>4</sup> 45  $\beta$ ,  $\gamma$  erwähnt und die als Vorläufer zu den Apochromaten zu betrachten sind. Das schwächere Objektiv trägt die Angabe:

„„Objektiv mit vollständiger Korrektion  $f = 25$  mm,  $a = 0,30$ , Objektabstand 10,5 mm, Bildabstand 250 mm. September 1883.““

„Es besteht aus 3 Gliedern; die beiden unteren waren zweiteilig, sie enthielten an Stelle des Kronglases Flußspat. Die beiden Flußspatlinsen waren einander zugekehrt. Beim zweiten Glied war aber der Flußspat mit dem Flintteil nicht verkittet, vielmehr war die zerstreue Fläche des Nachbarflächenpaares stärker als die sammelnde, so daß eine randscharfe Luftlinse dazwischen blieb. Das oberste Glied bestand aus drei miteinander verkitteten Linsen, ein zerstreuer Teil wurde von 2 sammelnden Teilen Phosphatkron eingeschlossen. Im Unter- und Mittelglied war dieselbe Schmelze mit dem Flußspat zusammen gebracht, im Oberglied waren 2 weitere Glasarten verwendet worden. Die Luftabstände waren beträchtlich.

„Bei dem stärkeren Objektiv findet sich die Bemerkung: „„mit vollständiger Korrektion der chrom. Differenz  $f = 4,2$ ,  $a = 0,85$ , Tubuslänge 180 mm““, ferner das Datum 25. Sept. 1883 (eine andere Ausführung vom 17. Sept. scheint nicht ganz befriedigt zu haben).

„Bei diesem Objektiv ist kein Flußspat verwendet worden. Es besteht aus 4 Gliedern, Frontlinse, 2teiliges Glied, Bikonvexlinse, 3teiliges Glied. Ein größerer Luftabstand war zwischen dem zweiten und dritten. Insgesamt waren es 7 Linsen, 4 sammelnde und 3 zerstreue. Die Sammellinsen sind aus 2 verschiedenen Arten Phosphatkron, die zerstreuen aus 3 Arten Flintglas. Doch kommt eine oder eine ganz ähnliche auch in der Oberlinse des anderen Objektivs vor. Es sind also insgesamt 3 Arten Phosphatkron und 4 neue Arten Flintglas benutzt worden, was mit der von Abbe gegebenen Zahl 7 übereinstimmt.

„Die Rechnungen habe ich nicht auffinden können. Ich habe deshalb neu rechnen lassen, dabei sind, ähnlich wie ich schon <sup>7</sup> 11 bemerkt habe, kleine Unsicherheiten unvermeidlich.

„Das Abbesche Ergebnis wird bestätigt.“ H. Boegehold.

Man wird die Abbesche Äußerung also wohl auf verkaufsfähige Linsen beziehen müssen.

<sup>u</sup> S. 147  $\omega$ . Man findet <sup>31</sup> 225  $\omega$  die folgende Bemerkung: „Von der Mitte der vierziger Jahre an [also von 1885/86!] stellte sich bei Abbe

eine quälende und hartnäckige Schlaflosigkeit ein, die er durch immer gesteigerte Dosen von Schlafmitteln — und zwar sechzehn Jahre lang, wie es schien, ungestraft — zu bekämpfen suchte.“

v S. 200 ω. Wie von vornherein zu vermuten, gelang es dem Meister in seiner Bescheidenheit, für die Jenaer Zeitungen auch bei dieser Gelegenheit jeden eingehenden Bericht zu verhindern. Zum Glück für den Geschichtsschreiber reichte Abbes Einfluß in Weimar bei diesem Anlaß nicht so weit, denn die Weimarerische Zeitung brachte den im nachstehenden abgedruckten Bericht.

Ich verdanke der Freundlichkeit von Herrn Ministerialrat F. Stier die Bemerkung, daß der Bericht jedenfalls dem damaligen Staatsminister K. Rothe (m. sehe auch <sup>3</sup> 90/1 = <sup>28</sup> 299/300) vor dem Abdruck vorgelegen hat, und man erhält dadurch eine sehr erwünschte Sicherung der dort berichteten Einzelheiten im allgemeinen und der Antwort Abbes im besonderen.

Über den Sprecher, dem Meiningischen Staatsminister Frhrn. v. Heim, habe ich nähere Angaben ebenso durch die Bereitwilligkeit des Hrn. Ministerialrats Stier erhalten. Er erweist sich als Angehöriger der weit bekannten Familie Heim, von der die Angehörigen eines Zweiges schon früh in den Dienst des Meiningischen Herzogtums traten. Der hier auftretende Staatsminister war ein Neffe zweiten Grades von Ernst Ludwig Heim, dem bis in das erste Drittel des 19. Jahrhunderts tätigen bekannten Berliner Arzt. Der Name ist in <sup>28</sup> 310 α verlesen worden.

Der Bericht der Weimarer Zeitung sei bis zur Beschreibung der Adresse abgedruckt, weil man daraus die Absichten der Stifter erkennen kann, woran auch K. Rothe seinen Anteil gehabt hat.

Weimarerische Zeitung vom 3. III. 1902.

„Überreichung der Dankadresse

der Herren Staatsminister zu Weimar, Meiningen, Altenburg und Gotha

An Herrn Professor Dr. Abbe zu Jena.

M. Am 28. Februar d. J. wurde dem um die Entwicklung der Universität und den wirtschaftlichen Aufschwung der Stadt Jena gleich hochverdienten Professor Dr. Abbe in Jena aus Anlaß der Durchführung der wesentlich mit durch sein Eintreten ermöglichten Reform des akademischen Besoldungswesens von den Staatsministern der vier Erhalterstaaten in seiner Wohnung eine künstlerisch ausgestattete Dankadresse überreicht. Se. Exzellenz der Staatsminister Freiherr v. Heim aus Meiningen begleitete die Übergabe mit einer herzlichen Ansprache, in der er einen Rückblick auf das von schweren Mühen und Kämpfen erfüllte, aber auch an Erfolgen reiche Leben des Geehrten warf und die Ergebnisse zusammenfaßte, welche seine rastlosen und großmütigen Bestrebungen für die Wissenschaft und Volkswohlfahrt überhaupt und

für das Gedeihen der Hochschule und die sittliche und wirtschaftliche Hebung der Arbeiterschaft im Besonderen gehabt haben.

Herr Professor Abbe dankte, indem er rühmend der hingebenden Unterstützung seiner Mitarbeiter gedachte, die ihn zur Erreichung seiner Ziele befähigt habe. Von der Universität habe er weit mehr empfangen, als ihr durch ihn zuteil geworden sei. Nur insofern glaube er, die ihm zgedachte Ehrung annehmen zu dürfen, als es zu dem von ihm vor 12 Jahren getanen Schritte der Aufgabe seiner selbständigen Stellung als Leiter der aufblühenden optischen Werkstatt und der Übertragung seines Vermögens und seiner Rechte an eine Stiftung zu unpersönlichem Besitze großer Entschlußfähigkeit und Festigkeit bedurft hätte. Alles weitere sei nur eine Folge dieses ersten Schrittes gewesen, den er niemals bereut habe.

Die Adresse (vgl. auch <sup>30</sup> 13 +!) hat folgenden Wortlaut:

„Dem genialen Förderer der Wissenschaften, dem opferfreudigen Gründer der Carl-Zeiss-Stiftung, dem wahren Freunde der Universität Jena

Herrn Professor Dr. Ernst Abbe  
zu Jena

sprechen für seine hochgesinnte Mitwirkung bei Neugestaltung der akademischen Besoldungsverhältnisse die Großherzoglich und Herzoglich Sächsischen Staatsministerien hierdurch Dank und Anerkennung aus.“

(Folgen die Unterschriften der Herren Staatsminister

Dr. Rothe, v. Heim, v. Helldorf, Hentig.)

Die Adresse ist ausgeführt auf einem Pergamentblatt von der kunstvollen Hand des Herrn Kunstmalers Oscar Herrfurth zu Weimar in Aquarell sinnig nach eigenem Entwurf gemalt. Sie zeigt in der Mitte die sehr ähnliche Büste des Herrn Professors Abbe. Vier weibliche Idealgestalten repräsentieren durch ihre Attribute die vier Fakultäten. Die Jurisprudenz verkündet Gleichheit vor dem Gesetz durch Waage und Schwert. Die Medizin stützt sich auf den Stab des Äskulap; die Philosophie, unter deren Aegide der Jubilar seine hohen Ziele erreicht hat, zeigt die Instrumente der Optik und deren Hilfsmittel und überreicht den verdienten Lorbeer. Die Theologie hält als Symbol Bibel und Palmenzweig. Im Hintergrunde sieht man einen Teil der Gebäude der Carl-Zeiss-Anstalt, sowie das Wohnhaus des Gefeierten. Rechts wird das Denkmal des Kurfürsten als Gründers der Universität und links der Fuchsturm als Wahrzeichen der Stadt Jena sichtbar. Den Abschluß bildet ein Gewölk, über dem sich ein Regenbogen erhebt, umschwebt von Genien mit Fernrohr und Spiegel als den wichtigsten Erzeugnissen der Zeiss-Werkstätten.“

## Quellenverzeichnis.

- 1) Abbe, E., Gesammelte Abhandlungen von Ernst Abbe. 1. Bd. Abhandlungen über die Theorie des Mikroskops. [Herausgeg. von H. Ambronn.] Jena, G. Fischer, 1904. VIII, 486 S. 8° mit 2 Tafeln, 1 Bildnis und 29 +. 32/4, 36/40, 46/8, 53/4, 57/8, 66/8, 70, 73<sup>1</sup>, 76/7, 79, 81, 84/5, 87, 89/90, 99/100, 102/4, 106/8, 111, 113/6, 119/22, 137/44, 147, 177, 216/8.
- 2) Abbe, E., 2. Bd. Wissenschaftliche Abhandlungen aus verschiedenen Gebieten. Patentschriften. Gedächtnisreden. [Herausgeg. von E. Wandersleb.] Ebenda 1906. VI, 346 S. 8° mit 7 Tafeln und 16 +. 15, 24, 29, 32/3, 42, 86, 90, 99, 184, 187.
- 3) Abbe, E., 3. Bd. Vorträge, Reden und Schriften sozialpolitischen und verwandten Inhalts. [Herausgeg. von S. Czapski.] Ebenda 1906. XIII, 402 S. 8° mit 1 Bildnis. 1, 4, 25, 27, 30, 35, 42/3, 55/6, 67, 91, 152/3, 156/60, 162/5, 167/70, 172, 175/6, 182, 216, 220.
- 4) Abbe, E., 4. Bd. Unveröffentlichte Schriften wissenschaftlich-technischen Inhalts. Erste Hälfte: Arbeiten zum Glaswerk zwischen 1882 und 1885. [Herausgeg. von M. v. Rohr.] Ebenda 1928. XIV, 146 S. 8° 3 + und mit 1 Bildnis aus dem Anfang der 80er Jahre. 124/37, 147, 219.
- 5) von Arnswaldt-Fischbeck, Zur Ahnentafel des Professors Ernst Abbe. Zeiss-Werkztg. 1932, (2) **7**, 5/12 (Februarheft). 1.
- 6) Auerbach, F., Ernst Abbe. Sein Leben, sein Wirken, seine Persönlichkeit, nach den Quellen und aus eigener Erfahrung geschildert. Leipzig, Akad. Verlagsges. 1918. XV, 512 S. 1 Bildnis und 115 +. Wegen der 2. Auflage wolle man <sup>28</sup> 345 <sup>4a</sup> einsehen. 3/14, 16/7, 19, 24/5, 27, 33, 35, 41, 44/5, 89, 103, 146/8, 167/8, 173, 190, 208, 209, 213, 216/8.
- 7) Boegehold, H., Die Glasmessungen Abbes und sein erstes Polyopobjektiv. Forsch. Gesch. Opt. **3**. 1—15. September 1939. 29, 57, 58 +, 60 +/66 +, 90.
- 8) Cornicelius, Max, Heinrich von Treitschkes Briefe I. Leipzig, S. Hirzel, 1912. VIII, 485 S. gr.8° mit 4 Bildn. in Lichtdruck. **3**.
- 9) Czapski, S., Über ein System von der Apertur 1,60 (Monobromnaphthalin), hergestellt nach Rechnungen von Prof. Abbe in der optischen Werkstätte von Carl Zeiss. (Eingegangen am 10. Dezember 1889.) Zft. wiss. Mikr. 1889. **6**. 417/22.  
Engl. Übersetz.: Journ. Roy. Micr. Soc. 1890. 11/14 (11. XII. 89). 179.
- 10) Czapski, S., Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Breslau, E. Trewendt, 1893. VIII, 292 S., gr. 8°, 94 +. 53, 55, 71 +, 142, 207, 218.

- Bei der ersten Ausgabe (in Winckelmanns Handbuch) reicht nach freundlichen Angaben des Trewendtschen Hauses der erste zu Neujahr 1891 herausgegebene Teil bis zu Seite 96, der zweite im Januar 1893 herausgegebene Teil wahrscheinlich bis zu Seite 192. Der Rest ist nach der Vorrede um den März 1893 erschienen.
- 11) Czapski, S., Nachruf auf Ernst Abbe; gesprochen in der Sitzung vom 3. März 1905. Verh. Deut. Phys. Ges. 1905. **7**. 89/121. 123, 207.
  - 12) Dippel, L., Das Mikroskop und seine Anwendung 1. Teil. Handbuch der allgemeinen Mikroskopie. 1. u. 2. Abt. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1882 u. 1883. XVII, 1030 S. 8°, 579 +. 53, 71 +, 75 +, 115 +, 123.
  - 13) Fischer, Kuno, Erinnerungen an Moritz Seebeck, wirkl. Geheimrat und Curator der Universität Jena. Nebst einem Anhang: Goethe und Thomas Seebeck. Heidelberg, C. Winter, 1886. VIII, 150 S. 12½:19½ cm m. 1 Bildn. 16.
  - 14) Greiner, W., Ernst Abbe als Abiturient. Z. Werkzgt. 1928. (2) **3**. 23/24 (Sept.hft.). 6.
  - 15) Knopf, Otto, Die Astronomie an der Universität Jena. Von der Gründung der Universität im Jahre 1558 bis zur Entpflichtung des Verfassers im Jahre 1927. Beitr. Gesch. Univ. Jena, Heft 7. Jena, Gustav Fischer, 1937. XIV, 226 S. 1 Textabb. u. 4 Tfln. 103.
  - 16) Koch, H., Ernst Abbes deutscher Abituraufsatz. Z. Werkzgt. 1936. (2) **11**. 64 (Aug.hft.). 6.
  - 17) Koch, H., Aus den unveröffentlichten Briefen des Geheimen Hofrats Prof. Dr. Carl Snell. Zeiss-Werkzgt. 1936. (2) **11**. 109/10 (Dez.hft.). 32, 89, 216.
  - 18) König, Albert, Die Fernrohre und Entfernungsmesser. 2. Aufl. Berlin, J. Springer, 1937. V, 242 S. 8° mit 360 + u. 13 Bildn. 194/5.
  - 19) Linck, Gottlob, Ernst Abbe. Rede zum Gedächtnis seines 25. Todestages am 14. Januar 1930 gehalten im Auftrag des akademischen Senats der Landesuniversität Jena in der Aula. Jena, G. Fischer, 1930, 20 S. mit 1 Bildn. 8.
  - 20) Lummer, Otto, und Fritz Reiche, Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop von Ernst Abbe. Bearbeitet und herausgegeben von —,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1910. XII, 108 S. 14½: 22 cm mit 57 + und einem Bildnis Abbes. 197, 207.
  - 21) Meyerstein, M., Das Spectrometer. Ein neues Instrument zur Bestimmung der Brechungs- und Zerstreuungsverhältnisse verschiedener Medien, sowie auch zum Gebrauche bei allen goniometrischen Messungen. Göttingen, Deuerlich, 1861. 17 S. m. 1 Tafel. **13**. Reiche, Fritz, s. unter 20).

- 22) Richter, Eugen, Sozialdemokratische Zukunftsbilder. Frei nach Bebel. Berlin, Verlag „Fortschritt“, 1893 (II) 48 S. 15½ : 22 cm. 168<sup>1</sup>.
- 23) v. Rohr, M., Erinnerungen an Ernst Abbe und den Optikerkreis um ihn. Die Naturw. 1918. **6**. 317/22 (31. V.); 337/42 (7. VI.). 91, 167, 180, 208, 217.
- 24) v. Rohr, M., Zur Geschichte der Zeissischen Werkstätte bis zum Tode Ernst Abbes mit Beiträgen von Max Fischer † und August Köhler. (2. Ausg.) Forsch. Gesch. Opt. **2**. 1/119 mit 55 + und 4 Bl. Anlagen. (Juli 1936.)  
 Auch als Sdrck. mit VIII Einleitungsseiten und einem S. 119/28 umfassenden Namenweiser. 10, 19, 21, 28/30, 33, 38/9, 41, 43, 47, 56, 67, 89, 90/1, 93, 95/7, 103, 105 +, 111 +, 136, 145/7, 152, 181, 189, 194, 197, 206/7, 213, 216, 218.
- 25) v. Rohr, M., Ernst Abbes Apochromate. (Zur 50. Wiederkehr der ersten Kundgebung von ihnen am 9. Juli 1886.) Leipzig, F. Volckmar, 1936. 3/24, 8 +. 58 +, 217.
- 26) v. Rohr, M., Über die Arbeitsgemeinschaft von Carl Zeiss und Ernst Abbe bis zum Ende der siebziger Jahre. I. Forsch. Gesch. Opt. **2**. 160/76 (Jan. 1937). 18, 32, 40, 43, 45, 55/6, 88. 93/4, 99, 102, 105, 176, 201/2, 206, 213, 216.
- 27) v. Rohr, M., Über den Ausgang der Arbeitsgemeinschaft von Carl Zeiss und Ernst Abbe. II. Forsch. Gesch. Opt. **2**. 253/92 mit 1 + und 4 Handschr.-Wiedergaben (April 1938). 18, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39/40, 44, 48, 53, 55, 96/8, 104, 113, 130, 145, 145/50, 199<sup>1</sup>, 202/3, 206, 213, 216.
- 28) v. Rohr, M., Ernst Abbe als Leiter der Werkstätte bis zu seinem Tode. III. Forsch. Gesch. Opt. **2**. 295/350, 14 + (Dez. 1938). 40/2, 108, 137, 148, 150/2, 154/7, 171/2, 180/2, 184/90, 192/4, 199, 200, 205, 208, 213, 220, 222.
- 29) v. Rohr, M., und W. Villiger, Beiträge zur älteren Geschichte unserer Werkstätte. Zeiss-Werkztg. 1933. (2) **8**. 40/42, 6 + (Sept.-Heft). 12, Tafel 8.
- 30) Villiger, W., [Vi.], Ernstes und Heiteres um Ernst Abbe. Zeiss-Werkztg. 1930. (2) **5**. 11/16, 6 + (Febr.hft.). 221.
- 31) V[ollert], M[ax,] Professor Abbe in Jena. Geboren 1840 — gestorben 1905. Dtsch. Rdsch. 1905/06. II. 214/29 (Febr.hft 1906). 4/6, 147, 151, 216, 219.
- 32) Waldmann, F. [Karl], Der englische Abituraufsatz Ernst Abbes vom Jahre 1857. Zeiss-Werkztg. 1935. (2) **10**. 94 (Dezhft.). 6.

## Register

Für Ernst Abbe wolle man das Inhaltsverzeichnis auf S. IX—XXII zu Rate ziehen.

### A.

Abbe, Adam (18. VIII. 1813, † 3. IV. 1874), sein Bildnis auf Tafel 1, seine übermäßig lange Arbeitszeit 1, 175, die Aufnahme der Dresdner Flüchtlinge 3, Freischule für den Sohn 3, 213, Studienbeihilfe für den Sohn 6, zu seinen Ansichten im Jahre 1849: 213.

Abbe, Ernst Carl († 23. I. 1840, † 14. I. 1905), Bildnisse: Titelbild, Tafel 4, 7, 14, 15, seine wichtigeren Neuheiten:

Absorptions- und Strukturbild 81, ihr Unterschied aufgeben 121/22,

Apertometer seit 1870 in verschiedenen Formen 33, 105+,

Apochromate seit 1886: 177, eigenartige Zerlegung der Wirkung des Mikroskops 71,

Eintritts- und Austrittspupille 53<sup>1</sup>, empfindlicher Strahlengang 75, 83,

Fokometer schon seit 1867: 28, förderliche Vergrößerung, auch Übervergrößerung seit 1873: 40<sup>1</sup>, 73/74,

Glasaufgabe seit 1873/74: 99, 126, 127/28, 129,

Hyperbelgitter zur Prüfung auf die Erfüllung der Sinusbedingung 115+,

kollineare Beziehung zwischen Ding- und Bildraum 55/56, Kompensationsokulare 178, Kondensator wohl schon 1869 abgesetzt 25, 29, 31, 33, 75, 85 +, Meßobjektiv mit telezentrischem Strahlengang 98, 107,

Monobromnaphthalin - Objektiv seit 1889: 179,

Öffnungszahl (numerische Apertur) 105+,

Polyop-Objektiv von 1873: 39, 57, 63—67, 90,

Polyop-Objektiv von 1876: 89, Refraktometer seit 1869: 29, 33, 34, 87,

Sinusbedingung wohl im Sommer/Herbst 1870 aufgestellt 34, 70,

Strahlenbegrenzung von 1871: 52/53,

Teilapochromat von 1879: 110, Testplatte 74, unkuhlige Flächen 185.

Airysche Tangentenbedingung 114, 181.

Altmann, R. (\* 12. III. 1852, † 8. XII. 1900), sein Angriff auf die Abbesche Lehre 120, 123, 145.

Amici, Giovanni Battista (\* 25. III. 1786, † 10. IV. 1863), Abbes Anerkennung seiner Verdienste 100, 103, seine Stipplinsen mit Anisöl 108.



Auerbach, Felix (\* 12. XI. 1856, † 26. II. 1933), Zur Vorausberechnung der Mikroskopobjektive und zur Aufstellung der Sinusbedingung durch Abbe 216.

### B.

Bamberg, Johann Carl Wilhelm Anton (\* 12. VII. 1847, † 4. VI. 1892), Bildnis auf Tfl. 9, Förderung der Jenaer Glasschmelzarbeiten 130, 203, seine Ausbildung S. Czapskis in der Ausführung von Fernrohren 147, 155, 206, beschäftigt C. Mosern 218.

Barfuß, Friedrich Wilhelm (\* 23. III. 1809, † 13. VIII. 1854), seine Beziehungen zu Körner 22 und Zeiss 23.

Barr & Stroud, ihre Halbbildentfernungsmesser seit 1888: 192.

Bebel, Ferdinand August (\* 22. II. 1840, † 13. VIII. 1913) hält 1869 einen auch von Abbe gehörten politischen Vortrag 25.

Behn, Wilhelm Friedrich Georg (\* 25. XII. 1808, † 14. V. 1878), ein Vorsitzter der Kais. Leopoldinisch-Karolinischen Akademie, regt 1873 Abben zum Eintritt an 201.

Berger, Hans, seine Aussage über den Gebrauch von Schlafmitteln durch Abbe 148, seine günstige Einwirkung auf Abbe 209, erwähnt, daß S. Czapski an Abbe durch Helmholtz empfohlen sei 218.

v. Bezold, Wilhelm, Mitstudent in Göttingen 11.

Boegehold, H., seine Mitteilung aus Abbes alten Rechenheften 29, 32, seine Auffindung des Polyop-Objektivs von 1873: 57, zu Abbes Abkehr von seinen Teilapochromaten 113, zu frühen Rechenanlagen Abbes 216, zur Abwesenheit von Schaubildern für den Öffnungsfehler bei Abbe

217, zur ersten Einführung von Flußspat in die Mikroskopobjektive 219.

Bow-Suttonsches Gesetz, durch Abbe wiederaufgefunden 183, 196.

Bratuschek, Karl (\* 24. I. 1865, † 19. X. 1913), sein Bildnis auf Tafel 8, seine Bedeutung für die Werkstätte 180.

Büchele, C. Entwurf zu den Zeichnungen für Abbes Glasplatte 71+, und zu seinem Versuch, die Erfüllung der Sinusbedingung leicht festzustellen 115+.

Busch, Emil (\* 6. VIII. 1820, † 1. IV. 1888), Abbes eingehender Brief an ihn in der Glasangelegenheit 137.

### C.

Carl August, Großherzog (\* 3. IX. 1757, † 14. VI. 1828) unterstützt die Schmelzarbeiten Fr. Körners 22.

Carl Friedrich, Großherzog (\* 2. II. 1783, † 8. VII. 1853), Carl Zeissens Pate 21.

Carl-Zeiss-Stiftung, die Namenwahl als die größte Ehre, die Abbe zu erweisen hatte 39, 45, zu der Geschichte ihrer Entstehung 149, 150, 200, übernimmt 1889 Abbes Besitz innerhalb der gesetzlich zulässigen Grenzen 152.

Clausius, R. J. E., seine Arbeiten zur Wärmestrahlung 31.

Coddingtonsche Formeln für den Zweischalenfehler längs schiefen Hauptstrahlen 155, 158, 181.

Crisp, Frank (\* 1843, † 29. IV. 1919) bemüht sich um die Verbreitung wichtiger Ansichten zur Abbeschen Lehre 117.

Czapski, Siegfried (\* 28. V. 1861, † 29. VI. 1907), sein Bildnis auf Tafel 11, sein Hinweis auf

das Fokometer von 1867: 28, seine Nachschrift einer Abbeschen Vorlesung 53<sup>1</sup>, Angabe zum Inhalt früher Abbescher Vorlesungen 55, Hinweis auf Abbes Beziehungen zu L. Dippel 123, Kennzeichnung der Abbeschen Veröffentlichungen 137, Tafel von 1893 für die  $v$ -Werte bei Achromaten und Apochromaten 143, wird Abben von H. Helmholtz empfohlen 146, 218, seine Bedeutung für unsere Kenntnis der Abbeschen Strahlenoptik 147, 149, 150, 206, seine Ausbildung bei C. Bamberg 147, 155, Mitglied der ersten Geschäftsleitung 152, Gründe gegen die Veröffentlichung des Abbeschen Vortrages über Volksbildung 167, veröffentlicht 1889 über das Objektiv mit Monobromnaphthalin 179, dann 1891 die Coddingtonschen Formeln 181, seine Berichte über Abbes zunächst erfolglose Fernrohrrechnungen 189, 190, 208, seine Anregung der Bilderzeugung von optischen Instrumenten 195/6, berichtet von dem frühen Einfluß einer Abbeschen Arbeit auf Schott 202, zum Fokometer von 1867: 215, zu früher Rechnungsanlage Abbes 216, nimmt keinen Bezug auf den Teil-Apochromat von 1879: 218.

#### D.

Derge, Otto, Berliner Optiker, beschäftigt C. Mosern schon im August 1881: 218.

Dippel, Leopold (\* 4. VIII. 1827, † 4. III. 1914) wird seit 1879 auf optischem Gebiet von Abbe gefördert 53<sup>1</sup>, 68, 123, 138, 206, die optische Werkstätte hat von seiner Lehrtätigkeit großen Nutzen gehabt 206.

Dohrn, Anton (\* 29. XII. 1840, † 26. IX. 1909), sein Bildnis

auf Tafel 8, seine Beziehung zu Abbe 24, Lieferung des Abbeschen Kondensators an ihn 25, 33, Abbes Brief an ihn vom Sommer 1878: 105, nimmt das Abbesche Ehepaar im Frühjahr 1903 bei sich auf 209.

Dönitz, Emil (\* 21. X. 1857, † 23. VI. 1912) von Abbe als Vorsteher der Patentabteilung berufen 158.

#### E.

Eggeling, Heinrich (\* 15. II. 1838, † 1. III. 1911), sein Bildnis auf Tafel 10, Mitstudent in Jena 8, in Göttingen 11, seine Mitarbeit an der Stiftungssatzung 150, widerrät die Veröffentlichung des Abbeschen Vortrages über Volksbildung 167, seine Bedeutung für Abbes Werk 199, Lebensdaten 199/200, seine Privatakten 199<sup>1</sup>.

v. Eggeling, Heinrich (Sohn des vorstehenden), seine freundliche Hilfsbereitschaft für dieses Buch 199.

v. Eichel-Streiber, Einwirkungen auf E. Abbe durch Freischule 3, 6, 214, und Stipendien 7, 10, 214.

Engelmannscher Verlag will Abbes Arbeiten zur theoretischen Photometrie 1870 herausbringen 31.

Eyth, Max, Angaben zur Wiener Weltausstellung 41.

#### F.

Falk, A., Kultusminister in Preußen, sendet Abben als Begutachter 1876 nach London 89, 97, 201. Farrenscher Anamorphot 183/4.

Fischer, Max Wilhelm Konrad (\* 9. IX. 1857, † 19. VII. 1930) sein Bildnis auf Tafel 12, gibt den ersten Anstoß zu dieser Darstellung V, 208, 213, sein Bericht über Abbes kaufmänni-

- sche Ausbildung 152, spricht mit voller Verehrung von Abbe 153.
- Fleck, Kandidat, Hörer Abbes 25.
- Foerster, Wilhelm (\* 16. XII. 1832, † 18. I. 1921) erhält den ersten, spät weitergegebenen Glasbericht von 1882: 130, 202.
- Foucaultscher Pendelversuch, Abbes Arbeit darüber 10.
- Fraunhofer, Joseph [von] (\* 6. III. 1787, † 7. VI. 1826), führt früh die Teilarbeit ein 28, begründet die Herstellung astronomischer Fernrohre theoretisch 37, 45, 68, Beugungserscheinungen 47, sein Meßverfahren an einem Prisma 86, Arbeit zu Jena an der von ihm gestellten Glasaufgabe 125, 127, 129, seine Art, die Eignung eines Glaspaares zur Minderung des sekundären Spektrums darzustellen, von Abbe benutzt 131, seine wichtige Beugungsformel 139.
- Fraunhofersches Probeglasverfahren 1861 von A. Löber wiedergefunden 28.
- Freese, deutscher Vertreter der Gewinnbeteiligung der Arbeiter 169.
- Fripp, H. E., Übersetzer der Abbeschen Beiträge von 1873: 206.
- G.**
- Gauß, Karl Friedrich (\* 30. IV. 1777, † 23. II. 1855) hebt die Farbenverschiedenheit der Öffnungsabweichung bei einem Fernrohrobjektiv 111.
- Gerdes, Kapitänleutnant, regt 1893 ein Gerät zur Entfernungsmessung auf See an 194.
- Gocht, Frau, zeichnet 1903 auf der Seereise nach Neapel R. Straubeln Tafel 13 und — verstoßen — E. Abben, Tafel 15.
- v. Goßler, G., seine Teilnahme an dem Glaswerk 136, noch im Jahre 1887: 137, 204.
- Gregorysches Fernrohr Abbescher Erfindung 96.
- de Groussilliers, Hektor (\* 2. II. 1842, † zwischen dem 4. IV. 1896 und dem 19. IX. 1899), seine Berührung mit Abbe um 1893: 190, 192, 193.
- Gullstrands diagonal-astigmatische Aberration von Abbe bereits 1897 gefunden 184, Erweiterung des Abbeschen Lehrgebäudes auf Grund G.scher Überlegungen 211.
- Guyet, Adolph (\* 15. XII. 1835, † 26. VIII. 1891), sein Bildnis auf Tafel 10, seine Mitarbeit an der Stiftungssatzung 150.
- Gylden, Johan August Hugo (\* 29. V. 1841, † 9. XI. 1896), sein Urteil über Abbe wohl um 1863: 24.
- H.**
- Händel s. u. Quandt u. H. 48.
- Hartmann, A. (\* 27. V. 1862, † 29. X. 1898), Rechner im Jahre 1891; Bildnis Tafel 11.
- Harting, Hans, seine Beschäftigung in Jena als Helfer Abbes 180, seine Tätigkeit auf mikroskopischem Gebiete 180, und für Fernrohrobjektive 192.
- Hartinger, H., läßt die Verteilung der neuen Glasarten nach dem  $n$ - und dem  $\nu$ -Wert in großem Maßstabe darstellen 132+.
- Hartnack, Edmund (\* 9. IV. 1826, † 9. II. 1891), seine Wasserstipp-linsen seit 1859/60: 30, Abbes Anerkennung seiner Verdienste 100, 103.
- v. Heim, Friedrich Freiherr (\* in Hildburghausen am 11. XI. 1835, † in Meiningen am 27. XII. 1912), an der Dankadresse als Sprecher beteiligt 220, seine Verwandtschaft mit dem Berliner Arzte Ernst Ludwig Heim 220.
- Heinisch, von Abbe bereits 1887 als Rechner beschäftigt 189.

v. Helldorf, Herzoglich Sächsischer Staatsminister, an der Überreichung der Dankadresse beteiligt 221.

Helmholtz, Hermann (\* 31. VIII. 1821, † 8. IX. 1894), sein Besuch in Jena 93, 202, sein später Bericht darüber 94, 202, empfiehlt den jungen Czapski an Abbe 146, seine Ansichten über die Schärfe der Breitenwahrnehmung 194, sein Brieflein zu Abbes großer Arbeit von 1873: 201, 217, schlägt 1876 vermutlich Abben für den Jenaer Zweigausschuß vor 201.

Helmholtzisches Telestereoskop 157, 191.

Hentig, Herzoglich Sächsischer Staatsminister, an der Überreichung der Dankadresse beteiligt 221.

Hering, Ewald (\* 5. VIII. 1834, † 26. I. 1918), begründet sehr hohe Schärfe werte der Breitenwahrnehmung 194.

Herrfurth, Oscar, Kunstmaler und Schöpfer der Dankadresse von 1902 an Abbe 221.

Hirsch, Max, seine sozialen Forderungen 166.

Hofmann, A. W., seine Sammlung der Berichte über die englische Leih-Ausstellung 99.

Hofmann, J. G., hat auf Abbes Erfindung des Prismenfernrohrs von 1873 keinen Einfluß ausgeübt 41, die regelmäßige Paarung solcher Rohre erst durch Abbe um 1893 durchgeführt 191, 192.

## K.

Kirchhoff, G. R., seine Arbeiten zur Wärmestrahlung 31.

Kleinenberg, Nikolaus (Lebensdaten waren nicht zu ermitteln), seine Beziehung zu Abbe 24, wichtiger Brief an ihn 145, 147.

Klinkerfues, Ernst Friedrich Wilhelm (\* 29. III. 1827, † 28. I. 1884). Seine Einwirkung auf Abbe 11, 13, 16.

Koch, Friedrich (\* 15. XI. 1813, † 5. IX. 1872), Abbes Lehrer für Englisch und Deutsch 4, 93.

Köhler, August, prüft die neuen schwachen Objektive Abbescher Planung 181, zur Abwesenheit von Schaubildern für den Öffnungsfehler bei Abbe 217.

Kohlrausch, Friedrich Wilhelm Georg (\* 14. X. 1840, † 17. I. 1910), Beziehungen zu Abbe 11, s. auch Tafel 4, sein Kristallreflektometer von 1878: 110.

König, A., leistet 1894—96 die Ausarbeitung des Zielwinkelentfernungsmessers 194.

Köpp, Gustav Adolph (\* 7. II. 1819, † 16. X. 1903), sein Bildnis auf Tafel 1, sein Wohlwollen für Ernst Abbe 4, 14, 214, 215.

Körner, Friedrich (\* 2. IX. 1778, † 2. II. 1847), seine Beziehung zu K. D. v. Münchow 22, Einstellung zu seinem Lehrling C. Zeiss 22.

## L.

Lautsch, A., Rechner im Jahre 1891. Bildnis Tafel 11.

Leclaire, J., vertritt in seinem Betriebe die Gewinnbeteiligung der Arbeiter 169.

Listing, Johann Benedict (\* 25. VII. 1808, † 24. XII. 1882), Vorlesung bei ihm 11, 56.

Littrowsches Verfahren von 1863, an einem Prisma die Brechzahl zu bestimmen 87.

Löber, August (\* 3. VII. 1830, † 4. VI. 1912), sein Eintritt bei Carl Zeiss 23, seine Einführung Abbes in die Arbeitsverfahren 27, hat 1861 das Fraunhofersche Probeglasverfahren wiedergefunden 28, vermag durch Pröbeln

die Leistungen der Hartnack-  
schen Wasserstipplinsen nicht  
zu erreichen 30, sein Arbeitseifer  
für Abbes Ziele 39, 40, 68.

Lockemann, Th., Darleihung des  
Bildnisses von K. Snell auf  
Tafel 2.

Lorey, Johann Balthasar (\* 21. VI.  
1799, † 8. II. 1869), Beziehung  
zu ihm 13, Genauigkeitsprüfung  
des Kollimators auf dem Pauls-  
turm 15.

Löwenherz, L., seine Beziehungen  
zu Abbe 218.

Luitpold, Prinzregent von Bayern,  
ernennt Abben Ende 1903 zum  
Mitgliede des Maximiliansordens  
205.

Lummer, Otto (\* 17. VII. 1860,  
† 6. VII. 1925), sein Eindruck  
von einer Abbeschen Vorlesung  
197, seine Darstellung der Lehre  
Abbes von der Beugung 207.

### M.

Martin, Carl Eduard (\* 16. IX.  
1838, † nach dem 28. X. 1907),  
Mitschüler E. Abbes 5, 8, Briefe  
an ihn 10, 11, 14, 214.

Mauritius, Richard, seine Einwir-  
kung auf Abbes Meridianinstru-  
ment 15.

Meyer, Franz A. (\* 6. VI. 1868,  
† 29. V. 1933), Oberingenieur  
der Astro-Abteilung 155.

Meyerstein, Moritz (\* 16. VI. 1908,  
† 30. IV. 1882), Beziehungen zu  
ihm 12/13, 16, sein Spektrometer  
86.

Miers, H. A., der Übersetzer des  
Apochromatvortrags 177, 218.

Ministerialfonds für wissenschaft-  
liche Zwecke, der — vom Mai  
1886: 148, 149, 200.

Mommsen, Tycho (\* 23. V. 1819,  
† 1. XII. 1900), seine Einwirkung  
auf E. Abbe 4.

Moser, Carl (\* 1. II. 1858, † 16./17.  
I. 1892), persönliche Berührung  
mit Abbe 95, 145, dessen Ver-

such um 1881, ihn für Jena zu  
gewinnen 146, seine Beschäfti-  
gung in Oberursel 146, in Berlin  
218.

v. Münchow, Karl Dieterich (\* 1778,  
† 30. IV. 1836), seine Be-  
ziehungen zu Fr. Körner 22.

### N.

Naegeli u. Schwendener, ihr Ein-  
fluß auf Abbe 47, 51, 75.

Noll, A., seine Feststellungen zu  
Abbes Vorträgen in der med.-  
naturw. Gesellschaft 18.

### O.

Oberhäuser, Georg (\* 16. VII. 1798,  
† 10. I. 1868), Abbes Anerken-  
nung seiner Leistungen 100, 103.

Oldenburg, Ludwig, sein Bericht  
über eine Vorlesung Abbes 25.

Ostwald, Wilhelm (\* 2. IX. 1853,  
† 4. IV. 1932), schlägt Abbe zum  
Mitgliede der Leipziger Akademie  
vor 205.

Otto, Caesar, seine Ansprache an  
Abbe bei dem Fackelzug vom  
2. Okt. 1903: 209.

### P.

Pauly, Max (\* 15. XI. 1849,  
† 26. IV. 1917), späterer Vor-  
stand der Astro-Abteilung 155,  
195.

Petzval, Josef Max (\* 6. I. 1807,  
† 17. IX. 1891), seine theoretische  
Begründung der Aufnahme-  
linse 68, seine Bedingung für die  
Bildebenung 1900 von Abbe be-  
nutzt 186.

Pfeiffer, Ludwig (\* 31. III. 1842,  
† 10. V. 1921), Mitschüler Ernst  
Abbes 5, 8.

v. d. Pfordten, L. K. H. Freiherr,  
in seinem Hause erteilte Abbe  
im Herbst 1862 Nachhilfestunden  
215<sup>1</sup>.

Plössl, G. Simon (\* 19. IX. 1794,  
† 29. I. 1868), ist möglicherweise

für kurze Zeit Carl Zeissens Lehrherr gewesen 23, Abbes Wertschätzung seiner Erfolge 100, 103.

Poppe, C., seine Verdienste um die Sammlung der Zeissischen Werbeschriften 155, 187.

Porro, I. P. P. (\* 27. XI. 1801, † 15. X. 1875), hat auf Abbe 1873 bei der Erfindung des Prismenfernrohrs keinen Einfluß ausgeübt 41, seine Vorgängerschaft bei dem Meßfernrohr 107, sein Fernrohr mit Bildumkehrung durch Prismen 154, 191, 192.

Preyer, W. Th. (\* 4. VII. 1841, † 15. VII. 1897), gehörte 1876 zum Jenaer Zweigausschuß 88.

Pulfrich, Carl (\* 24. IX. 1858, † 12. VIII. 1927), sein Bildnis auf Tafel 11, wird 1900 der zu begründenden Meßabteilung vorgesetzt 155, 187, er vertritt 1899 eine höhere als die Minuten-schärfe der Breitenwahrnehmung 194.

## Q.

Quandt u. Händel wollen 1871 eine Arbeit Abbes verlegen 48.

## R.

Ramsdenscher Kreis 69.

Reiche, Fr., s. u. O. Lummer 207.

Reiß, Michel (\* 23. I. 1805, † 27. I. 1869), stiftet für Abbe 1862 1000 Gulden 17, Erschöpfung dieser Stiftung 19, Grund der Stiftung unbekannt 198.

Richter, Eugen (\* 30. VII. 1838, † 10. III. 1906), seine Bekämpfung der Sozialdemokratie von Abbe abgelehnt 168<sup>1</sup>.

Riedel, Paul (\* 3. V. 1852, † 7. XI. 1909), Bildnis Tafel 11, tritt im Jahre 1879 als Assistent ein

95, untersucht seit 1881 die Schottischen Glasproben spektrometrisch 126.

Riemann, Bernhard (\* 17. IX. 1826, † 20. VII. 1866), Lehrer und Prüfer Abbes 11, 12.

v. Rohr, Moritz, seine Beschäftigung als Helfer Abbes 181.

Ross, Andrew (\* 1798, † 8. IX. 1859), Abbes Anerkennung seiner Verdienste 100, 103.

Rothe, Karl (\* 10. VII. 1848, † 28. IV. 1921), sein Bildnis auf Tafel 10, seine Mitarbeit an der Stiftungssatzung 150, seine Kenntnis des Berichts der Weimarischen Zeitung vom 3. März 1902: 220, selber an der Überreichung jener Dankadresse betei igt 221.

Rudolph, Paul (\* 14. XI. 1858, † 8. III. 1935), sein Bildnis auf Tafel 11, wird im Januar 1886 von E. Abbe in der Werkstätte zur Ausführung von Apochromat-Rechnungen angestellt 148, von Abbe auf die Verbesserung der Aufnahmelinse verwiesen 156, 158, 181, Abbe erkennt Rudolphs Selbständigkeit an 156, 158, die Bewertung seiner Leistungen 156, sein Anastigmat 182, sein Planar 183, seine Meisterschaft im Präbeln auf dem Papier 183, findet den Farrenschen Anamorphot wieder auf 183/4, seine Meinungsverschiedenheit mit Abbe über die Strahlenvereinigung an gekreuzten Zylinderlinsen 184.

## S.

v. Schack, Karl, Hörer Abbes 25.  
Schäffer, Hermann (\* 6. VIII. 1824, † 3. II. 1900), Bildnis aus früherer Zeit Tafel 3, Vorlesungen bei ihm 8, Vorsitzender der math. Gesellschaft 9, 24, seine Beziehung zu Abbe 24, erhält gleichzeitig mit Abbe einen Weimarischen Orden 199.

- Schleiden, Jacob Matthias (\* 5. IV. 1804, † 23. VI. 1881), Vorlesungen bei ihm 8, seine Förderung von Carl Zeiss 23.
- Schmid, Ernst Erhard (\* 22. V. 1815, † 6. II. 1885), Vorlesungen bei ihm 8.
- Schott, Otto (\* 17. XII. 1851, † 27. VIII. 1935), Bildnis auf Tafel 11 u. 12, seine gemeinsamen Arbeiten mit Abbe 123, 124, 126, die Hervorhebung seiner Erfolge durch Abbe 124, 126, 127, ist bereit, seine Jenaer Erfahrungen auch im großen zu verwerten 129, ist Mitglied der Jenaer Versuchsanstalt 134, 203, Mitglied der ersten Geschäftsleitung 152.
- Schott & Gen., Hinweis auf die erste Glasliste vom Juli 1886: 179.
- Schröder, Hugo (\* 18. X. 1834, † 31. X. 1902), Abbes Besuch bei ihm im Jahre 1879: 95, 145.
- Schüttauf, Richard (\* 30. VI. 1861, † 27. VIII. 1926), wissenschaftlicher Mitarbeiter. Bildnis Tafel 11.
- Schütz, Harald (\* 27. XII. 1840, † 17. XII. 1915), seine enge Freundschaft mit Abbe 12, 14, der Briefwechsel mit ihm als wichtige Quelle 19, 215, erhält noch im letzten Lebensjahre Abbes einen Besuch 210.
- Schwendener s. u. Naegeli u. S. 47, 51, 75.
- Schwerd, Fr. M., sein Studium der Fraunhoferschen Beugungerscheinungen 47.
- Seebeck, Moritz (\* 8. I. 1805, † 7. VI. 1884), Bildnis auf Tafel 5, erste Berührung mit ihm 9, sein Lebenslauf 9<sup>1</sup>, seine Schilderung durch K. Fischer 16/17, Eintreten für Abbe im Jahre 1865: 20, und später 24, 30, 56, Abbes Brief an ihn vom März 1875: 44, bewegt Abben, die alte Sternwarte zu übernehmen 103, 198.
- Selenka, E., gibt Abben die Anregung zum stereoskopischen Okular 117.
- Senft, Karl Friedrich Ferdinand (\* 6. V. 1810, † 30. III. 1893), seine Wirkung auf E. Abbe 4.
- Shadbolt, George (\* 1818, † 6. V. 1901), keine persönlichen Beziehungen zu Abbe 92.
- Siedentopf, H., seine Ausführung unkugliger Flächen 185.
- Snell, Karl (\* 19. I. 1806, † 12. VIII. 1886), Bildnis auf Tafel 2, Vorlesungen bei ihm 8, rät Abben, in Göttingen weiter zu studieren 10, die freundliche Begrüßung in Jena 16, seine Verwendung für Abbe bei G. Stiehling 20, nahe Beziehung zu Abbe 24, wichtige Besprechung Abbescher Arbeiten 29, 31, 46, 48, seine Verwendung für Abbe bei dessen Ernennung zum Extraordinarius 31, seine frühe Mitteilung von Abbes Ablehnung des Helmholtzischen Angebots 94.
- Spencer, seine Glyzerinstipplinsen 108.
- Spranger, R., Mechaniker, bei Abbeschen Geräten beschäftigt 96.
- Stachel, A. (\* 28. III. 1842, † 1. VIII. 1913), wird von Abbe nach Jena gezogen 146.
- Steinheil, Carl August (\* 12. X. 1801, † 14. IX. 1870), seine Einwirkung auf Abbes Meridianinstrument 15, sein Spektrometer 86.
- Steinheil, Hugo Adolph (\* 12. IV. 1832, † 4. XI. 1893), seine rechnerische Begründung neuer Aufnahmelinsen 68.
- Stephenson, John Ware, seine Bekanntschaft mit Abbe 1876: 92, seine Anregung zu einer Paßölinse 97, Abbes Vortrag über die von ihm angeregten Paßöllinsen 108, erhält früh im Jahre 1878 die erste von Abbe berechnete Paßölinse 201.

Stern, Moritz (\* 28. VI. 1807, † 30. I. 1894), Abbes Vorlesungen bei ihm 11, Förderung durch ihn 13.

Stichling, Gottfried (\* 14. VI. 1814, † 22. VI. 1891), Vorgesetzter von M. Seebeck 9<sup>1</sup>, K. Snells frühes Eintreten für Abbe bei ihm 20.

Stier, Fr., Einzelheiten zu dem Bericht der Weimarischen Zeitung vom 3. März 1902: 220, Einzelheiten zu dem Meiningschen Staatsminister v. Heim 220.

Stroud s. u. Barr & Stroud 192.

Stoysche Anstalt, Abbe als Lehrer daselbst 10, 19.

Straubel, Rudolph (\* 16. VI. 1864) Bildnis auf Tafel 13. Begleitet Abben auf der Seereise nach Neapel im Jahre 1903.

Stuart, John (\* 19. VII. 1836, † 28. IV. 1926), stellt H. Schröders in London an 146.

Sutton, Th. s. unter Bow-Sutton. Swansche dünne Luftschicht 92.

## T.

Thomasche Kammer zur Blutkörperzählung 108.

Trinkler, O., schuf die Vorlagen für eine Reihe der Bildnis-Druckstöcke XXIII.

Trunk, Stadtrichter, Arbeiten des Schülers Abbe an dessen Drehbank 5.

v. Türcke, Freiherr August (\* 31. III. 1817, † 4. VI. 1884), zweiter Kurator in Jena 94.

## U.

Unrein, Frau Gr., überläßt Briefsammlungen zur Einsicht 10, Versuch, einige Bilder ihres Vaters zu bedaten, Tafel 7 u. 15.

## V.

Vopelius, Bernhard, zu Abbes Vortrag über Volksbildung 166, Gründe, diesen Vortrag nicht zu veröffentlichen 167, seine Mitteilung zum Fackelzug vom 4. Okt. 1903: 209.

## W.

Waldmann, F. Karl, Mitteilungen zu Abbes Schülerleben 213/4, 214.

Wallach, Joseph (\* 21. VII. 1813, † 21. III. 1878), Abbes Beziehung zu ihm 13.

v. Watzdorf, Bernhard (\* 12. XII. 1804, † 15. IX. 1870), der Märzminister 9<sup>1</sup>, seine Anfrage wegen der Beförderung Abbes 30.

Weber, H., Mitstudent in Göttingen 11.

Weber, Wilhelm Eduard (\* 24. X. 1804, † 23. VI. 1891), Lehrer und Prüfer Abbes 11, 12.

Wehrenpfennig, Johann Friedrich Wilhelm (\* 25. III. 1829, † 25. VII. 1900), Bildn. auf Tafel 10, sein erster Besuch in Jena 130, 203, seine Hilfsbereitschaft in der Glasangelegenheit 136, seine Freundschaft mit Abbe 203, 204.

Wendt, Gustav, Hörer Abbes 25.

Wenham, Francis Herbert (\* 1824, † 1. VIII. 1908), keine persönlichen Beziehungen zu Abbe 92, frühere Leistungen zum stereoskopischen Mikroskop 117, 120<sup>1</sup>.

Wiener, Otto Heinrich (\* 15. VI. 1862, † 18. I. 1927), an Abbes Aufnahme in die Leipziger Akademie beteiligt 205.

Witte, E. (\* 7. III. 1855, † 29. VI. 1931), Rechner im Jahre 1891 Bildnis s. Tafel 11.

Wolf, Max (\* 21. VI. 1863, † 3. X. 1932), seine Anerkennung eines Zeissischen Himmelsfernrohrs 195.



## Z.

- Zeiss, Carl Friedrich (\* 11. IX. 1816, † 3. XII. 1888), sein Bildnis auf Tafel 5, zu seinem Leben 21, zu seiner Gesellenzeit 23, Übernahme von Fr. W. Barfuß 23, Einstellung A. Löbers 23, Förderung durch J. M. Schleiden 23, sein bescheidenes Wesen 23, führt schon 1869 Abbesche Durchstrahler (Kondensoren) aus 25, 29, 31, seine Sorge um die Wasserstipplinsen 30, 56, seine Anerkennung des Erfolges der Abbeschen Rechnungen 35, 154, seine Entlohnung Abbes 35, seine Mitarbeit an praktischen Versuchen wohl von Ende 1871 ab 36, 67, 138, seine Opferbereitschaft 37, 39, 40, lehnt die Ausführung von Abbes Prismenfernrohr 1873 ab 41, bringt 1874 ein Preisblatt für Spektro- und Refraktometer heraus 42, verzichtet für Mikroskopobjektive auf einen Patentschutz 43, bietet Abben 1875 die Partnerschaft zu günstigen Bedingungen an 45, 46, führt Refraktometer seit 1874 regelmäßig aus 87, gehört 1876 zum Jenaer Zweigausschuß 88, wird früh über Abbes Ziele mit den Polyop-Objektiven unterrichtet 90, seine Gesundheit leidet in der 2. Hälfte der 70er Jahre 91, tritt mit Roderich zusammen als Teilhaber an der glastechnischen Versuchsstation auf 134, 203, widerstrebt der Ausbildung der Meßabteilung 187.
- Zeiss, Johann Gottfried August (\* 26. X. 1785, † 23. VII. 1849) 21.
- Zeiss, Roderich (\* 23. II. 1850, † 4. IX. 1919), sein Bildnis auf Tafel 8, seine Bedeutung als Partner 91, 153, seine Teilnahme an der glastechnischen Versuchsstation 134, 203, zur Auseinandersetzung mit E. Abbe 152, sein Nachruf auf seinen Vater 217.
- Zeissische Werkstätte; Darstellungen auf Tafel 6, Abbes angebliche früheste Beziehungen zu ihr 10, die nachweislich frühesten um die Mitte des Novembers 1863: 19, 27.



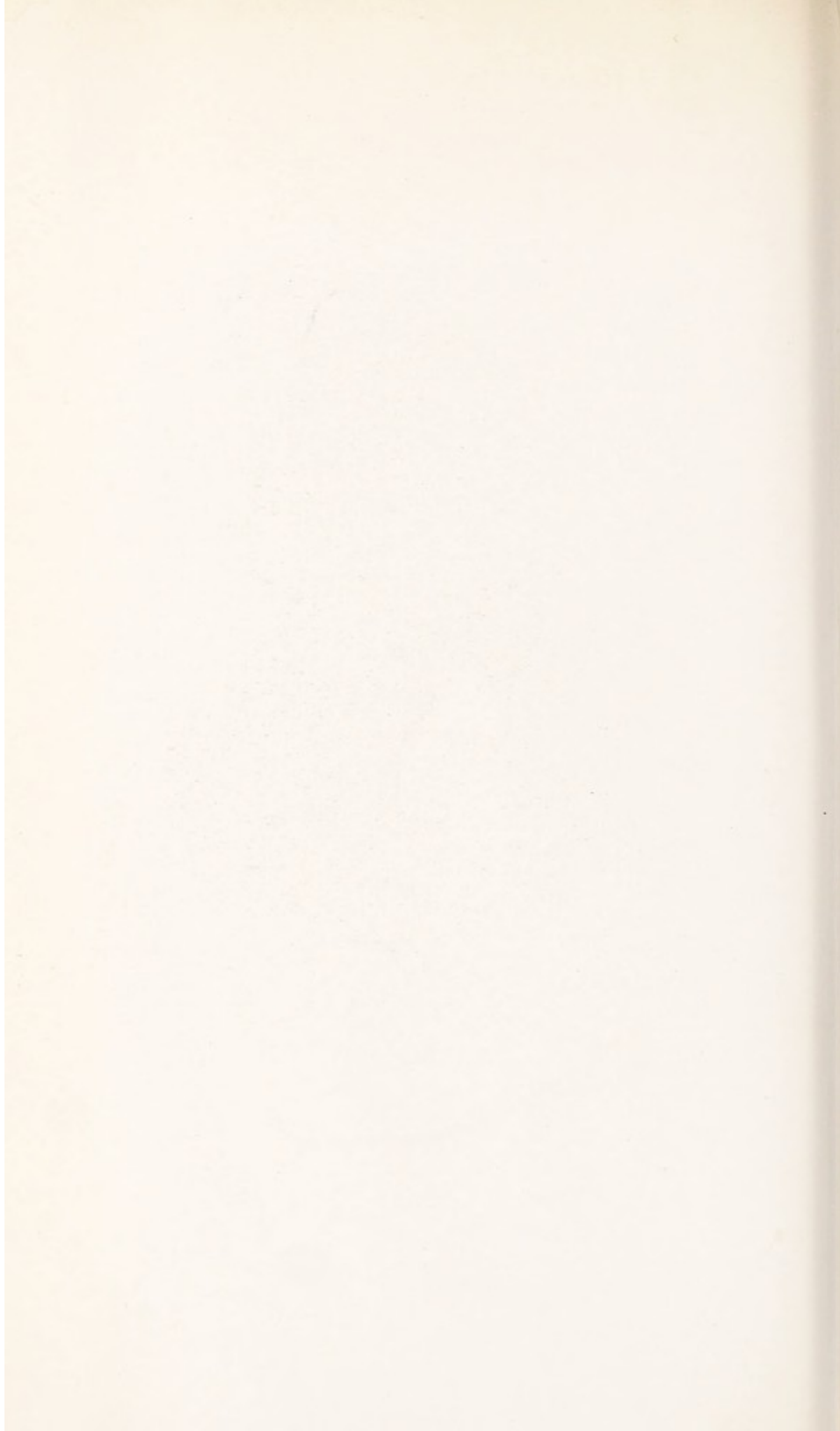
Gustav Adolph Köpp im hohen Alter.



Adam Abbe.









Hermann Schäffer aus dem Beginn von Abbes Studienzeit.



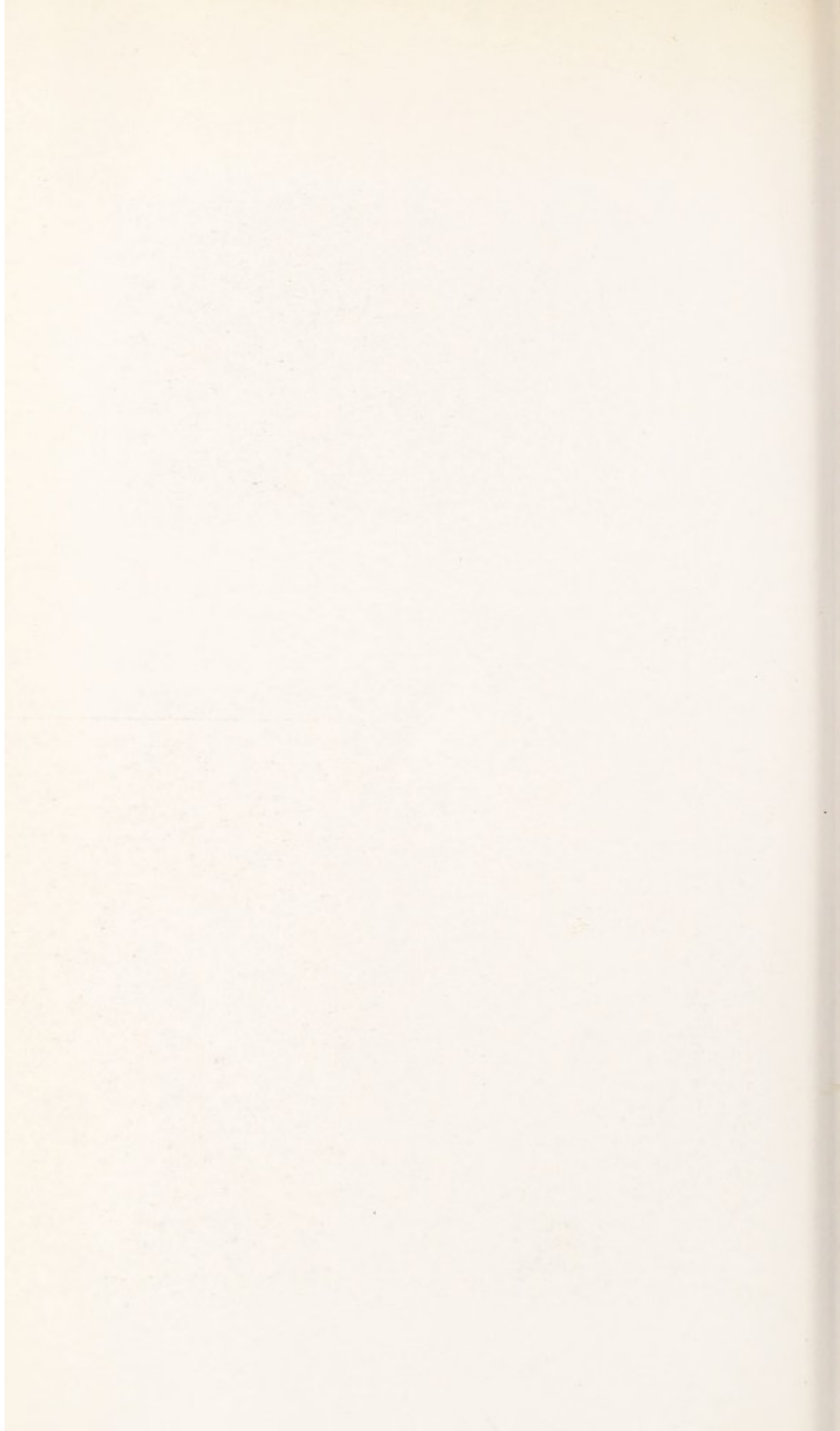


Abbe als Göttinger Student (um 1861).  
Zeichnung von F. Kohlrausch.



Abbe als Student in den ersten Semestern.







Moritz Seebeck in vorgerücktem Alter.



Carl Zeiss in der ersten Hälfte der  
50er Lebensjahre.

*1842*

*1842*





Die Werkstätte in der Neugasse von 1846/47.



Die Werkstätte in der Wagnergasse von 1847/58.

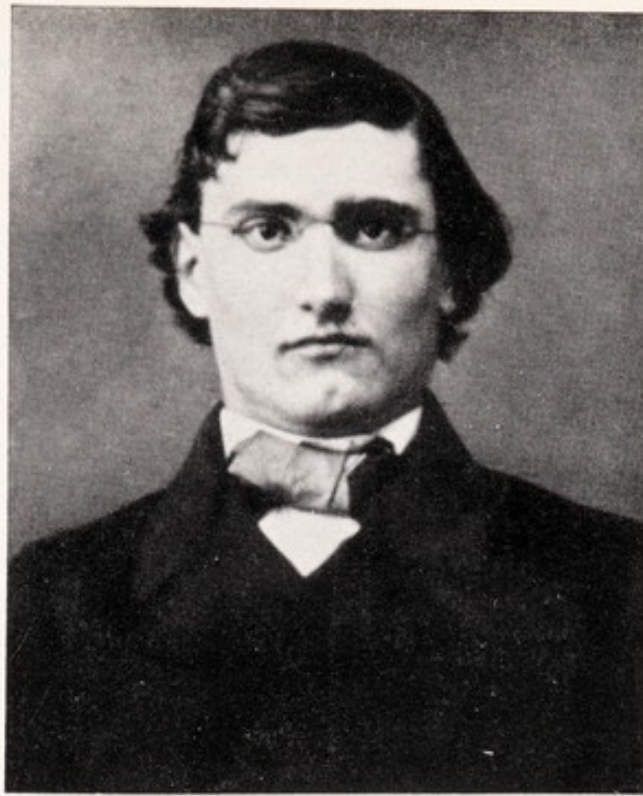


Die Werkstätte am Johannisplatz 1858/81.



Das Verwaltungsgebäude der Werkstätte im Littergäßchen auf einem Besitz. Im Frühjahr 1881 von C. Zeiss bezogen.





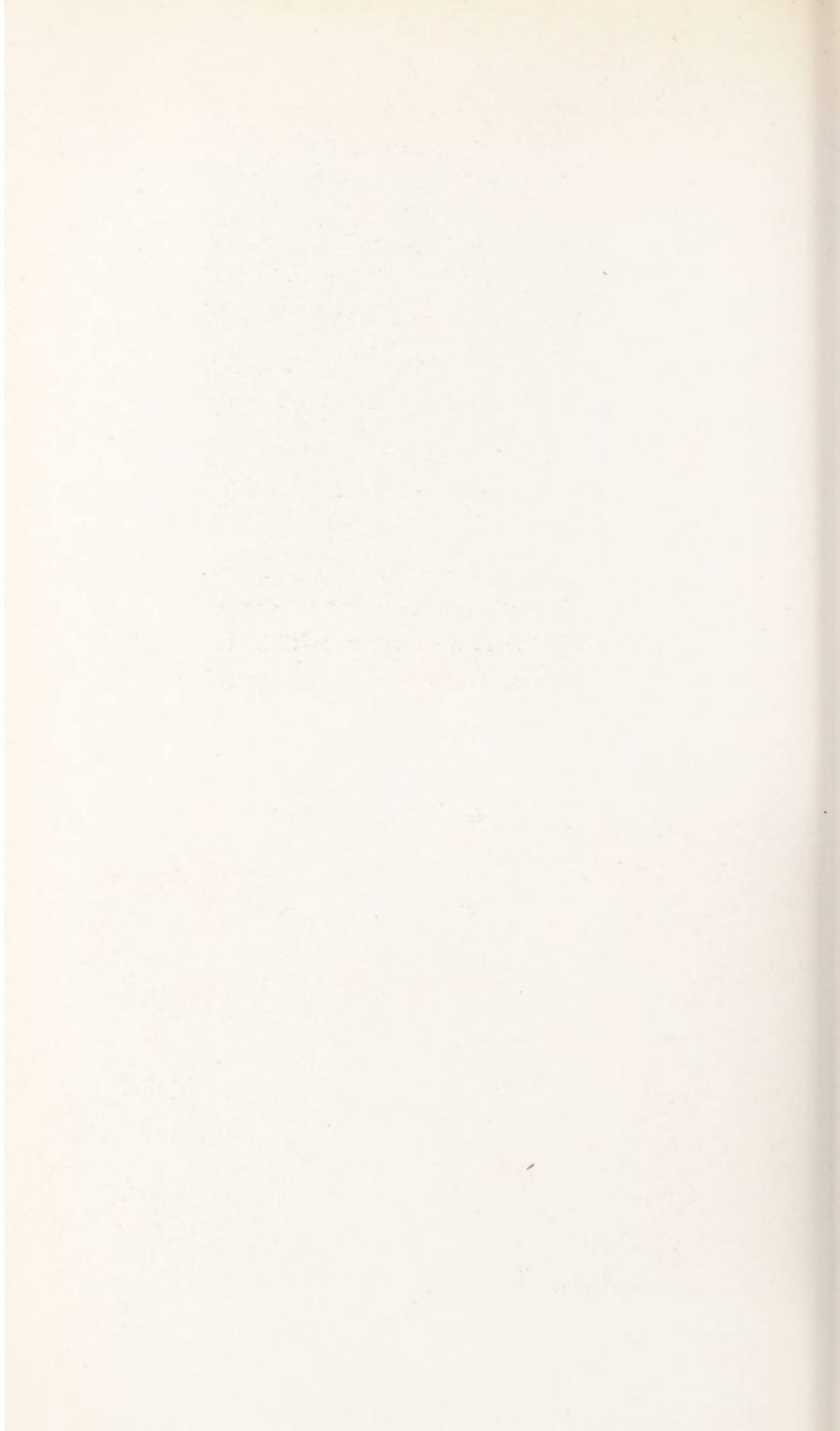
*J. G. W.*

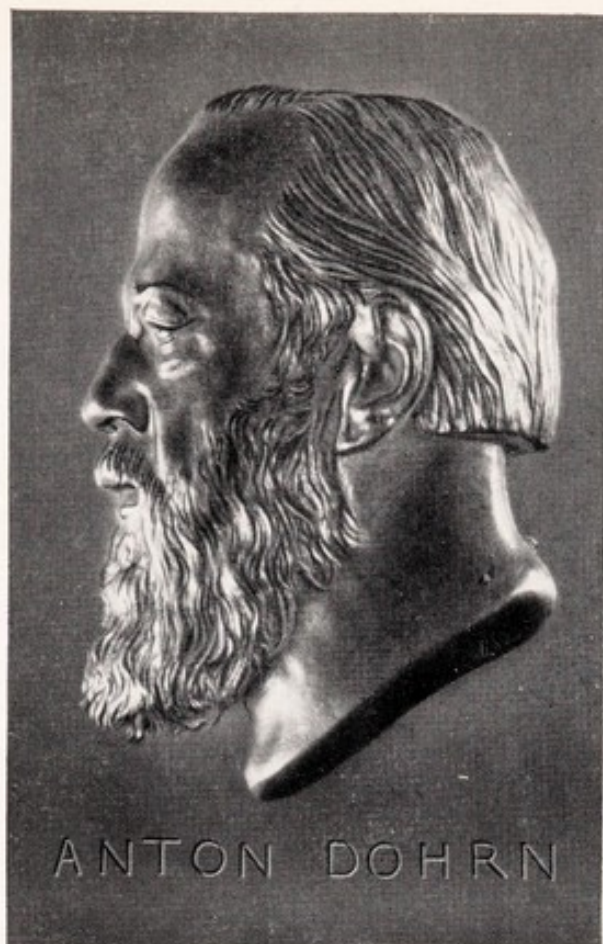
Abbe als junger Privatdozent vermutlich um 1863/64.



*J. G. W.*

Abbe vermutlich um 1875 herum aufgenommen.





Anton Dohrn in vorgerückten Jahren  
nach einer Gedenkplatte A. Hildebrands.

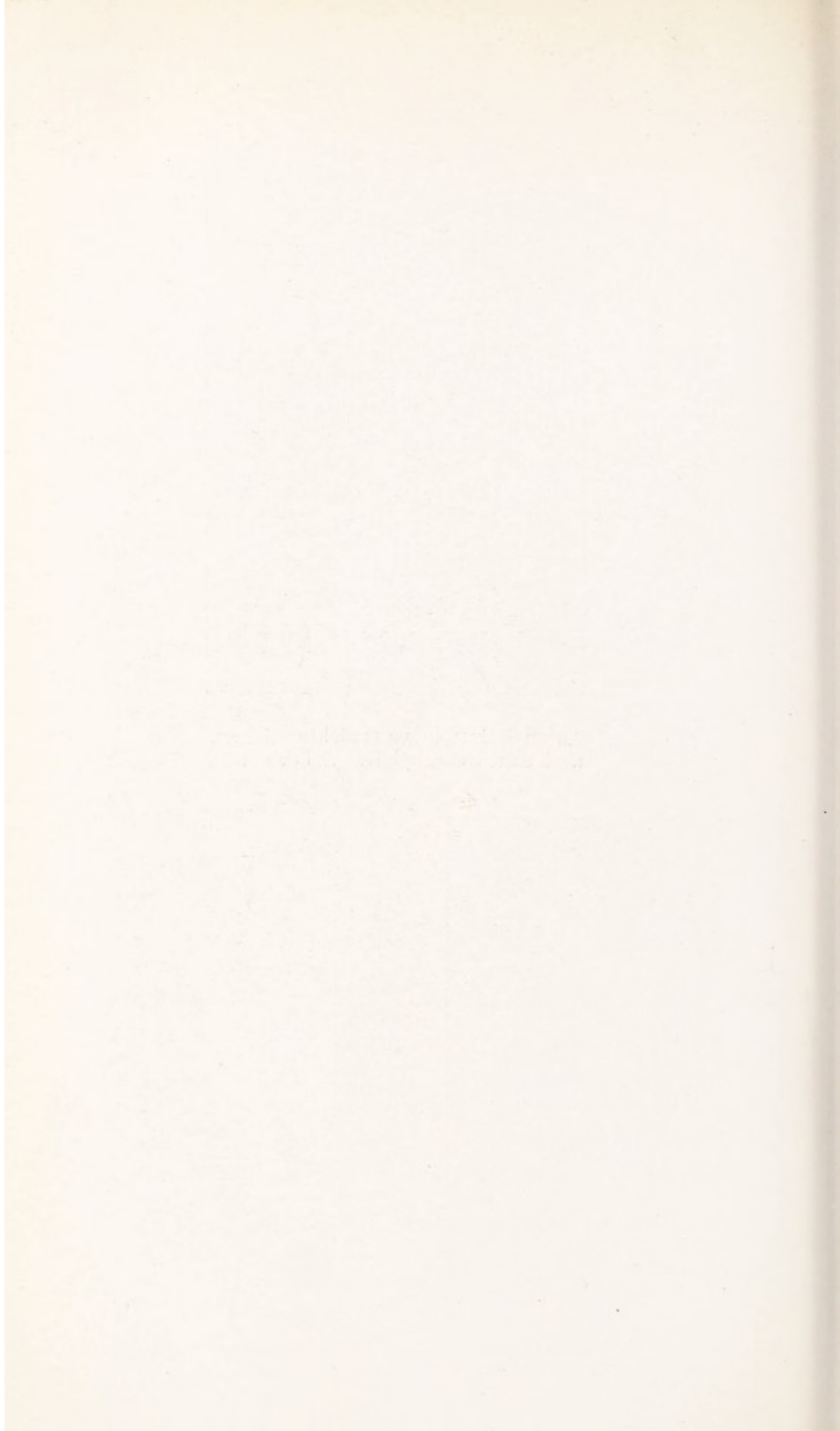


Roderich Zeiss in jungen Jahren.



Karl Bratuschek um den Anfang der 90er Jahre.







Carl Bamberg wohl um die Mitte der 80er Jahre.





Wilhelm Wehrenpfennig  
wohl um das Jahr 1882.



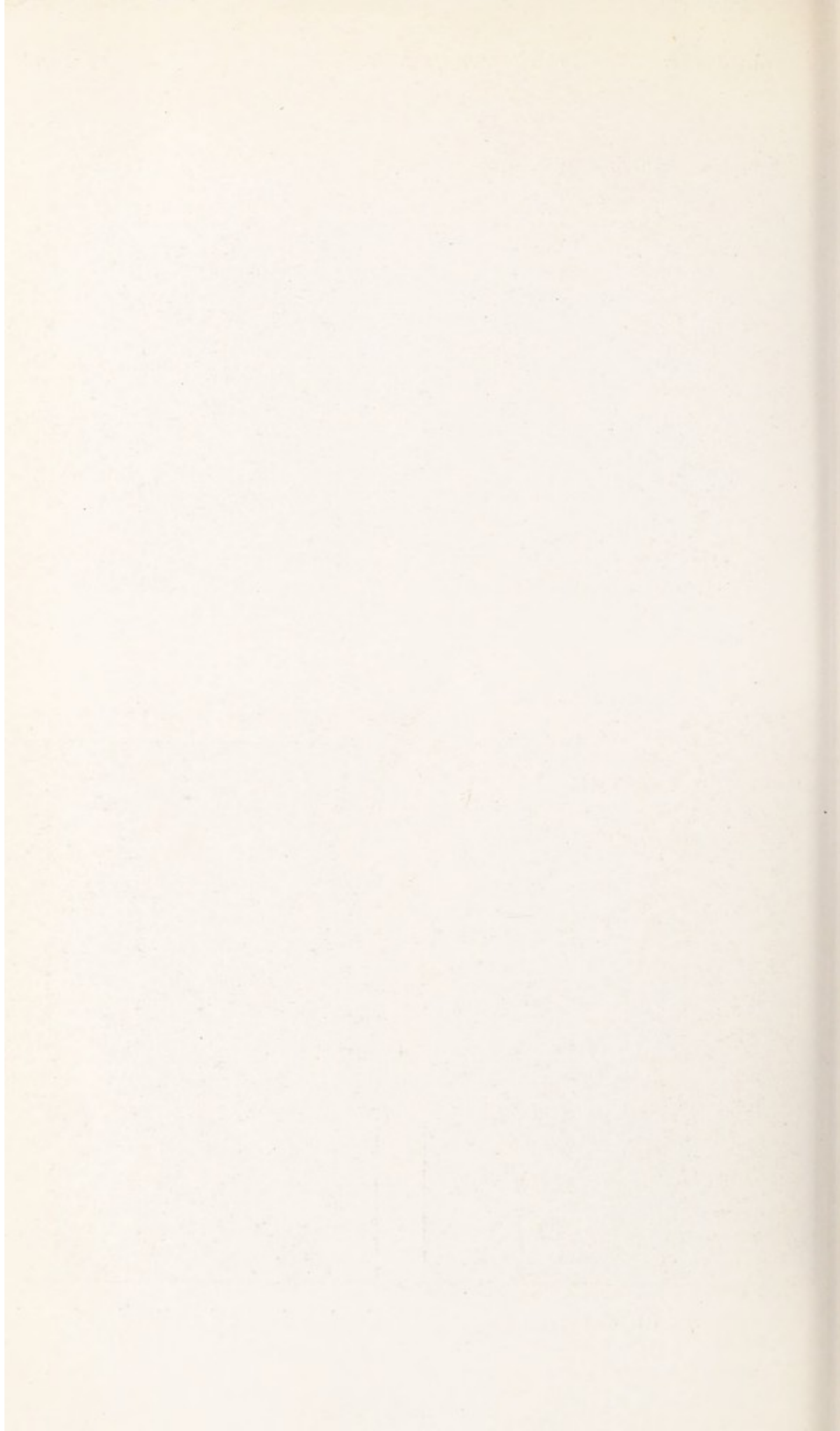
Heinrich Eggeling  
um 1886.



Adolph Guyet um 1891.



Karl Rothe um die Mitte der 80er Jahre.



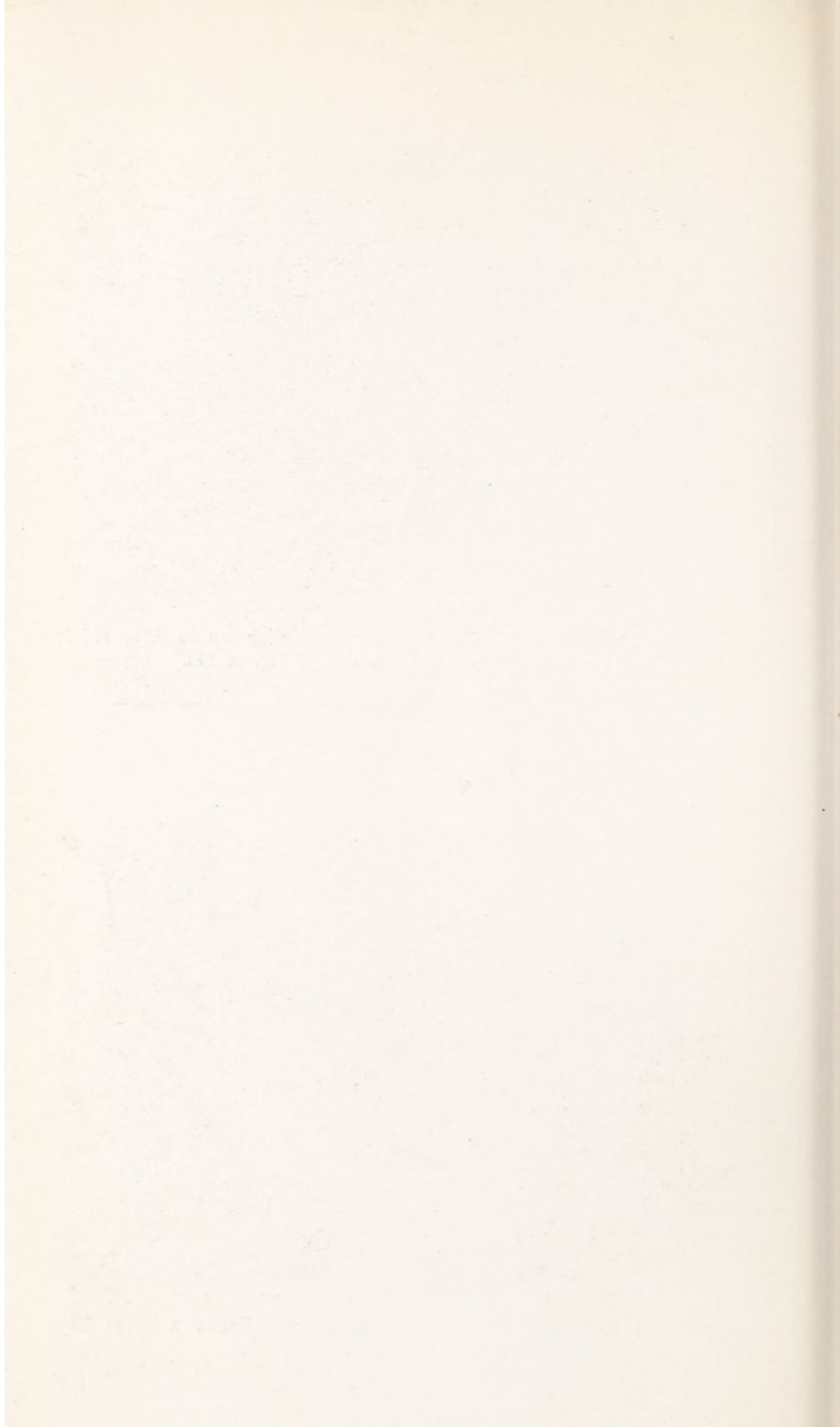


E. Abbes im September 1886 bezogenes Haus dicht an der Werkstätte.  
(Man sehe auch auf Tafel 16 unten rechts.)



Die wissenschaftlichen Mitarbeiter und die Rechner zum Fest von Abbes 25-jähriger  
Zugehörigkeit am 3. Juli 1891.

In der hintersten Reihe von links nach rechts: A. Lautsch, A. Hartmann, E. Witte,  
R. Schüttauf. In der vordersten Reihe von links nach rechts: Paul Riedel, Siegfried  
Czapski, Otto Schott, Paul Rudolph, Carl Pulfrich.





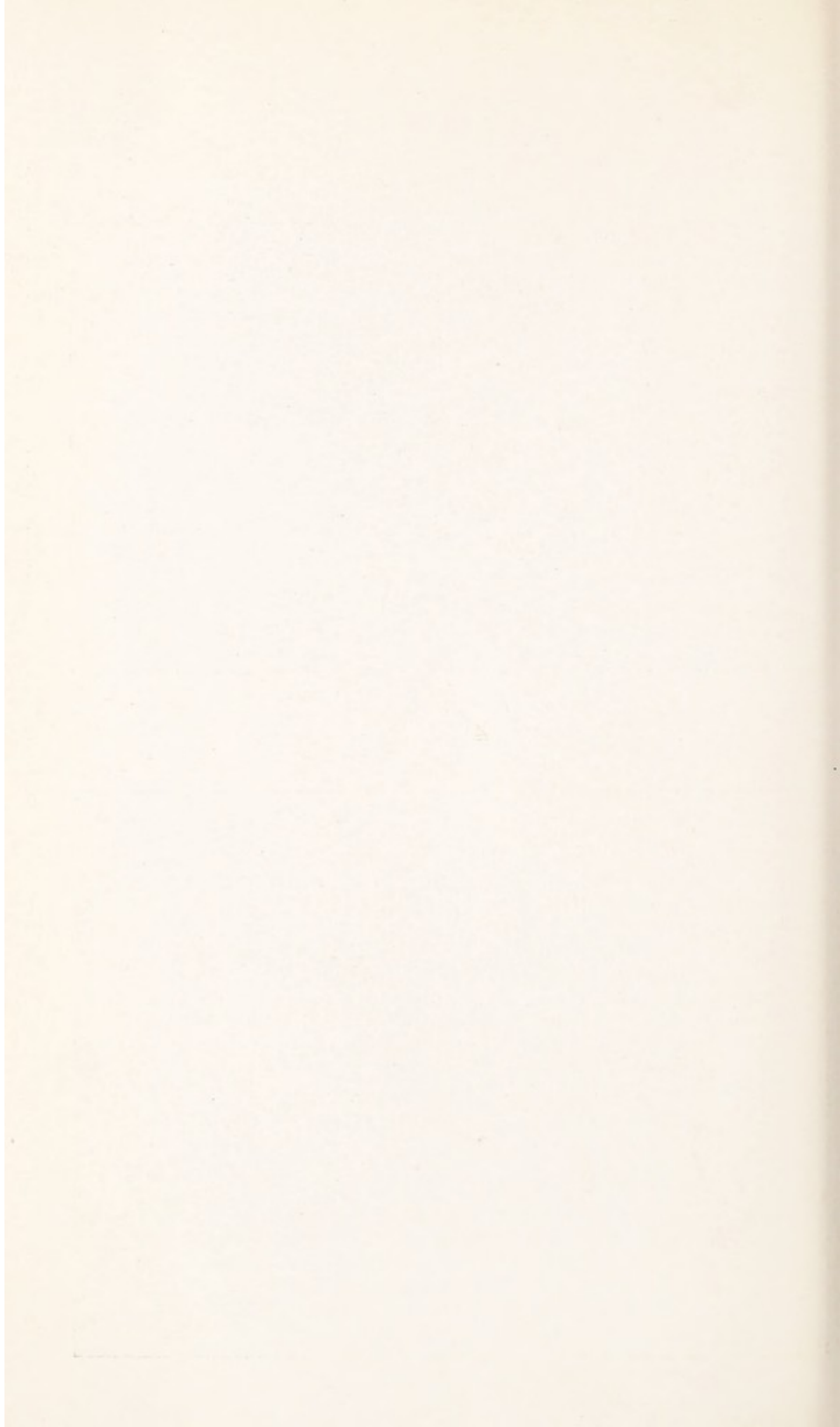
Max Fischer um die Zeit seines Eintritts in die Werkstätte.



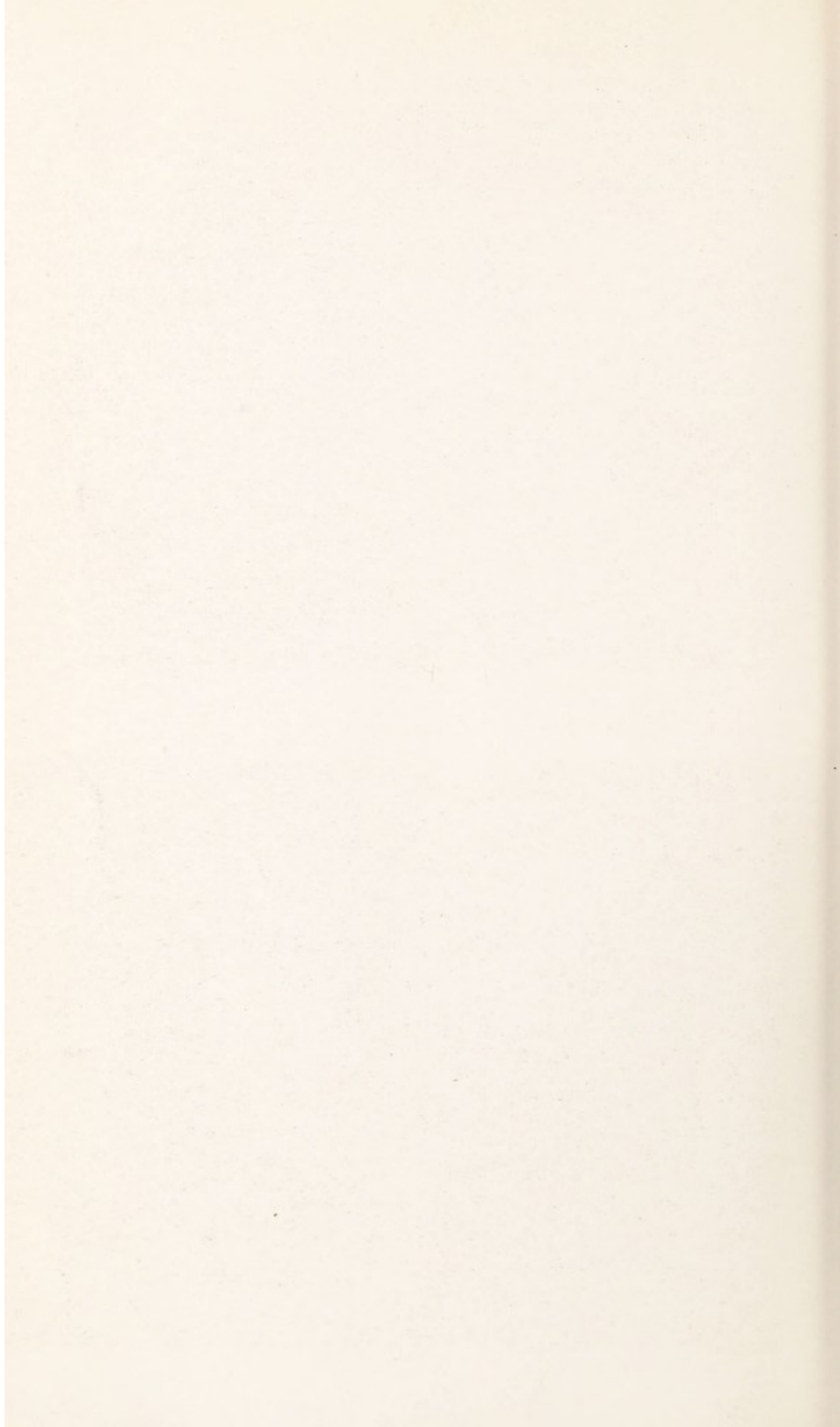
O. Schott im Alter (s. auch Tafel 11 unten).

*Alte*





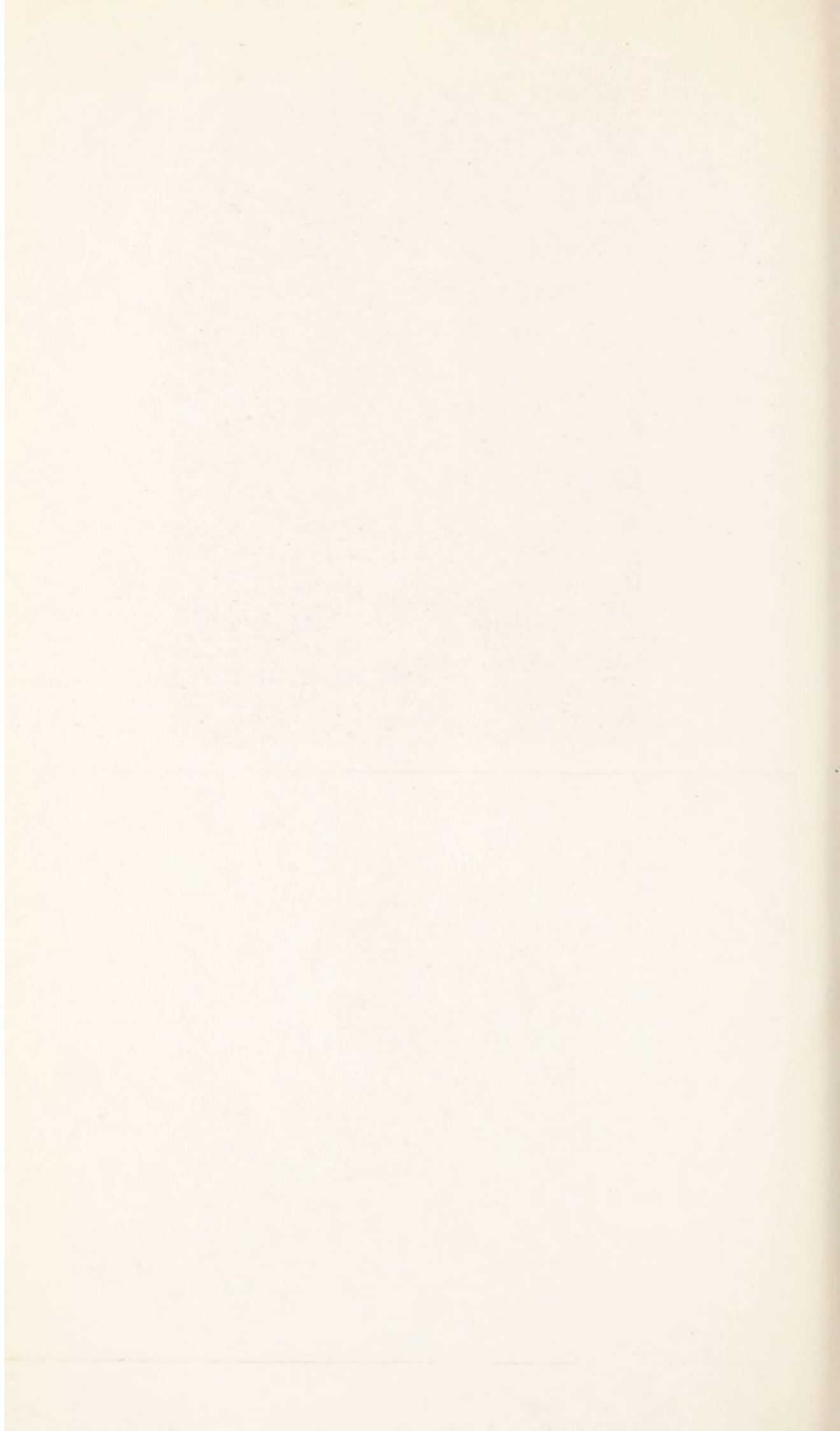






1. Auflage

br.



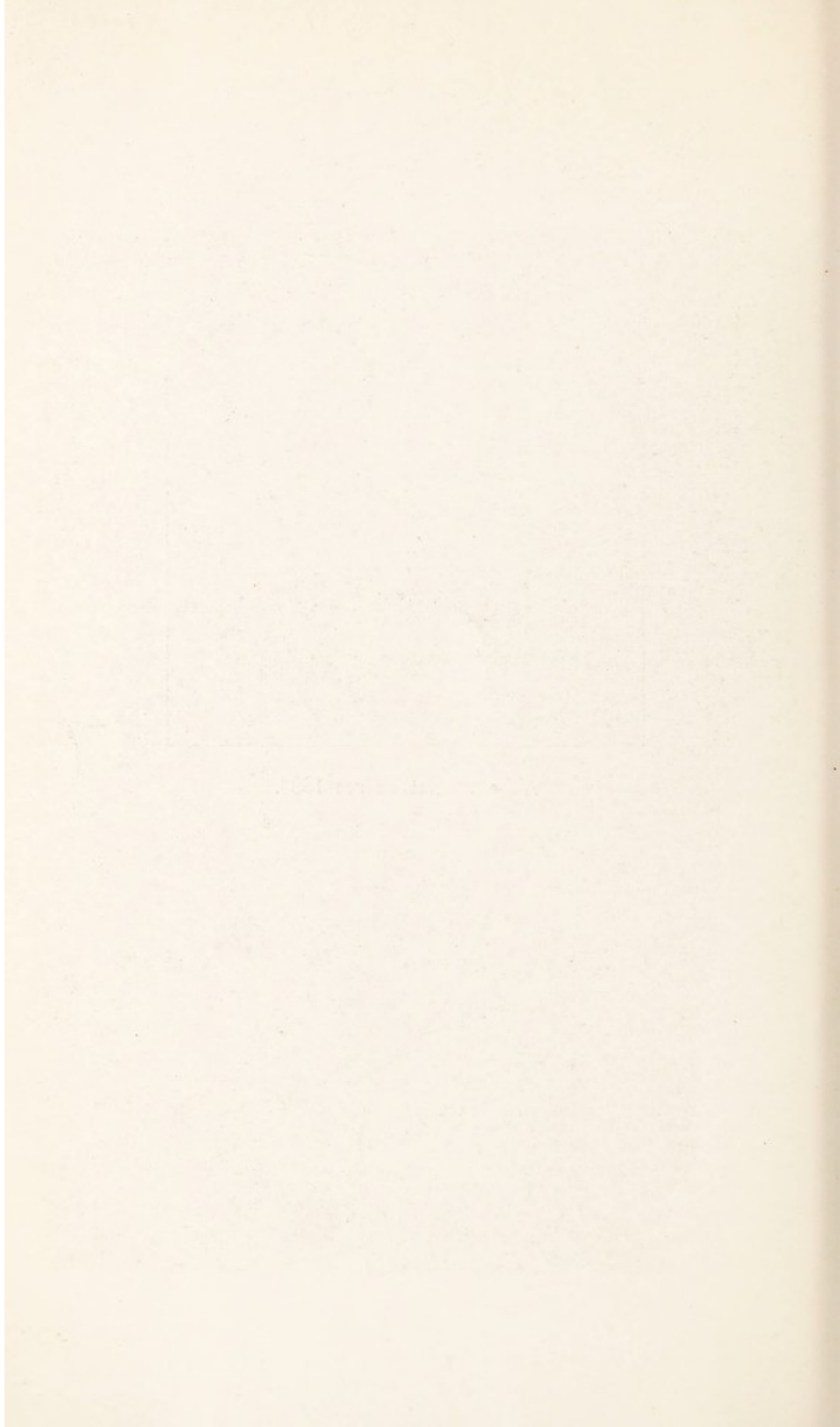


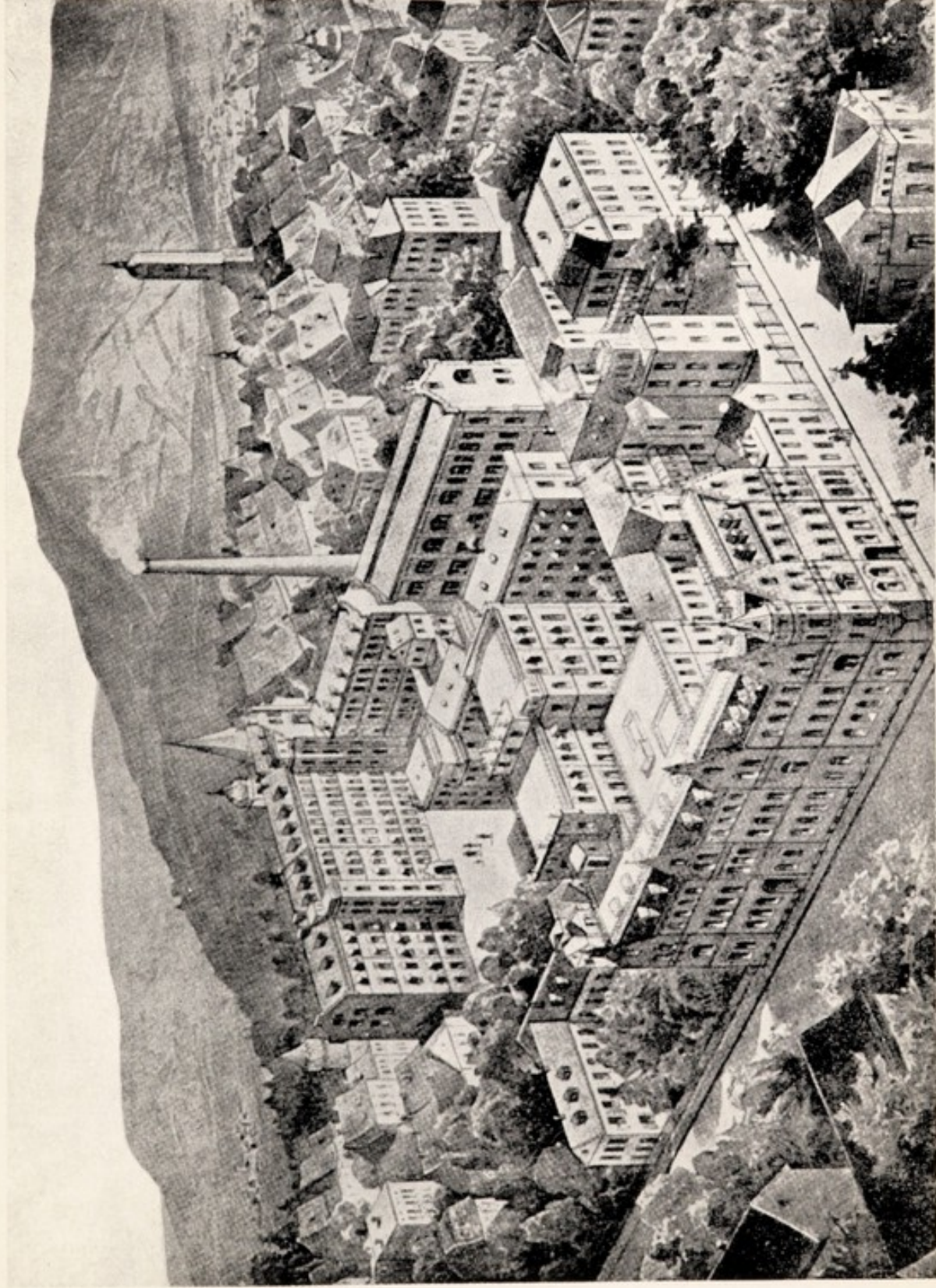
Abbe vermutlich um 1886.



1903

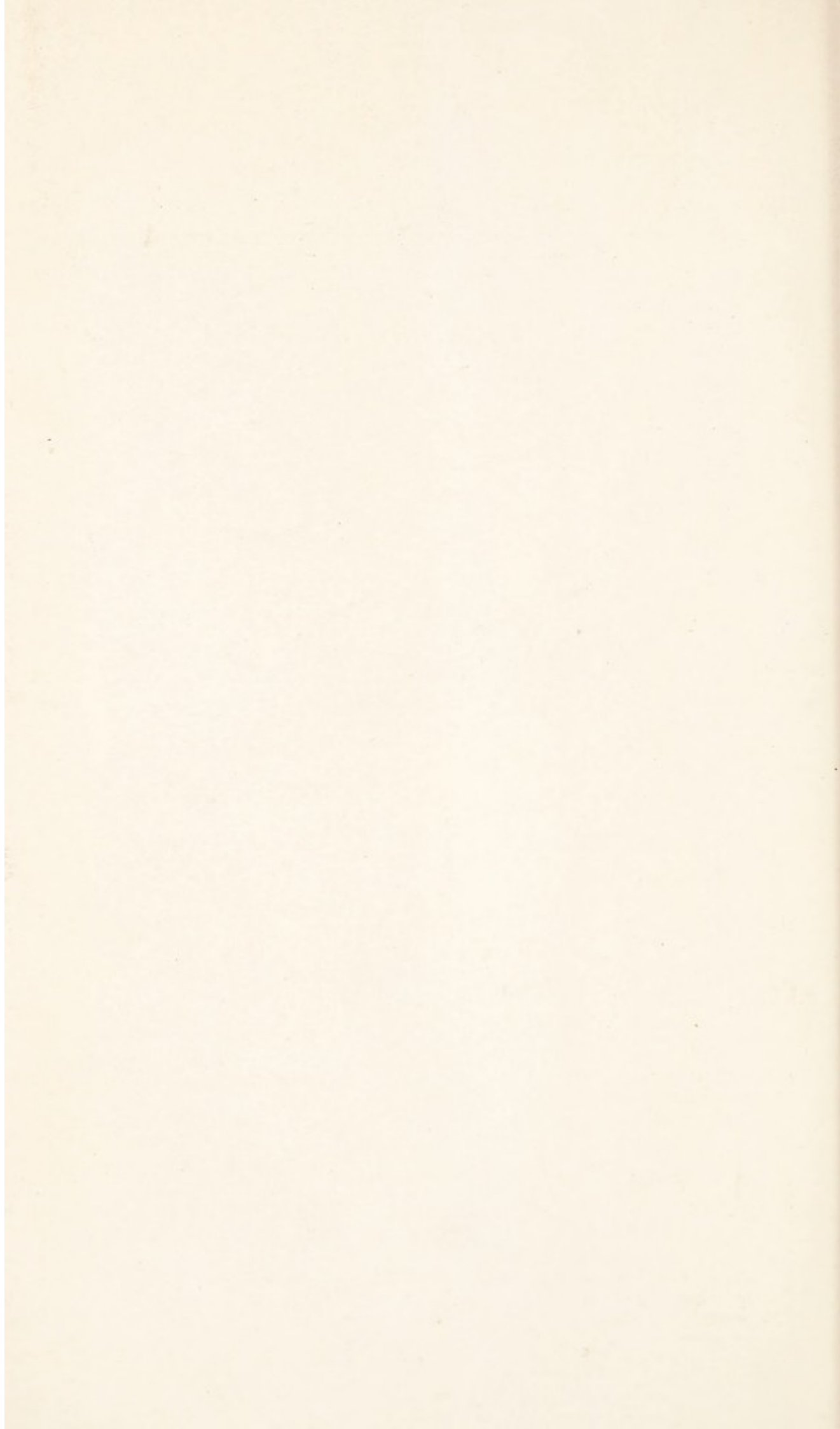
Letztes Bild von Abbe auf seiner Reise nach Neapel  
ohne sein Wissen entworfen.





Die Werkstätte um die Zeit von Abbes Tode. An der Ecke rechts unten Abbes Wohnhaus.







2



