

Varia A.

I 5

Ueberreicht vom Verfasser.

Sonderabdruck

aus

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie

und für

mikroskopische Technik

Über Institute für wissenschaftliche Mikroskopie
und deren Aufgaben.

Von

H. Ambronn

in Jena.

Was in den mikroskopischen Übungen der naturwissenschaftlichen und medizinischen Institute von der richtigen Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate gelehrt werden kann, ist nur das Allernotwendigste; denn die Zeit, die für diese Übungen zur Verfügung steht, gestattet gar nicht, außer der Hauptaufgabe noch andere Dinge zu behandeln. Wenn die Praktikanten nur lernen, ein Präparat richtig einzustellen und sich über das Gesehene klar zu werden, d. h. also einen Einblick in die Elemente der Zellen- und Gewebelehre erhalten, so ist im wesentlichen das Ziel solcher Übungen erreicht. Dabei nimmt meist die eigentliche Mikrotechnik, also die Herstellung geeigneter Präparate, den größeren Teil der Zeit in Anspruch. Die Demonstration wichtiger Nebenapparate, wie der Zeichenapparate, Meßapparate usw. kann, wenn sie überhaupt stattfindet, nur ganz cursorisch durchgenommen werden.

Solange es sich nur um die Untersuchung gröberer Strukturverhältnisse handelt, wie dies ja in den praktischen Kursen für Anfänger fast stets der Fall ist, genügt es ohne Zweifel auch, wenn die Studierenden in dieser Weise mit der Herstellung einfacher Präparate und deren Untersuchung im Mikroskop vertraut gemacht werden. Wenn es sich aber später um wirklich wissenschaftliche Beobachtungen handelt, wie sie in den Kursen für Fortgeschrittene zu lehren sind, so wird eine eingehendere Kenntnis des Strahlenganges

im Mikroskop und der Entstehung der mikroskopischen Bilder schon deshalb dringend nötig, weil nur durch die Einführung in diese Gebiete die Grundlage für eine richtige Beurteilung des im Mikroskop Gesehenen gewonnen werden kann. Daß gerade bei der Untersuchung aller feineren Strukturen erst eine scharfe und wissenschaftliche Kritik den Beobachtungsergebnissen einen bleibenden Wert gibt, ist nach den Untersuchungen ABBES über das Zustandekommen der mikroskopischen Bilder immer allgemeiner anerkannt worden, wenn es auch lange gedauert hat, bis die Kenntnis der für die praktische Mikroskopie so außerordentlich wichtigen Beziehungen zwischen Objekt und Bild in weitere Kreise gedrungen ist¹.

Es geht auch nicht an, die Studierenden in dieser Hinsicht auf die Übungen in den physikalischen Instituten zu verweisen. Zwar wird erfreulicherweise in diesen Übungen neuerdings eingehender als früher auf das Zustandekommen der Bilder nicht selbstleuchtender Objekte Rücksicht genommen, aber derartige Übungen sind doch in erster Linie für Physiker, Chemiker und Mineralogen bestimmt, und nicht für Biologen und Mediziner, denen das Mikroskop ein fast täglich zu benutzendes Werkzeug der Forschung werden soll. Es wäre auch ganz widersinnig, wenn man den an sich schon sehr umfangreichen Unterricht in den physikalischen Übungen noch die Anleitung zur richtigen Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate zuweisen wollte; ganz abgesehen davon, daß den physikalischen Instituten in der Regel doch nur eine sehr beschränkte Anzahl von Mikroskopen zur Verfügung steht, und daß diejenigen, denen die Leitung des Unterrichts obliegt, nur in den seltensten Fällen mit den Bedürfnissen der praktischen Mikroskopie vertraut sind. Ebenso wie man schon seit einiger Zeit an mehreren Hochschulen den Unterricht in der angewandten Physik, besonders in der Elektrotechnik, ganz berechtigterweise in besondere für diese Zwecke eingerichtete Institute verwiesen hat, so sollte auch der Unterricht in der wissenschaftlichen Mikroskopie in besonderen Instituten stattfinden.

Nachdem gerade in den letzten Jahrzehnten die Methoden der mikroskopischen Forschung eine ungewöhnlich rasche Weiterentwicklung erfahren haben, deren Bedeutung keineswegs nur innerhalb der Grenzen der biologischen und medizinischen Wissenschaften bleibt, sondern vielmehr noch auf die Gebiete der allgemeinen Physik und

--

¹) Vgl. mein Referat über ABBE, E., (Gesammelte Abhandl. Bd. I; diese Zeitschr. Bd. XXI, 1904, p. 327—339.

Chemie, sowie auf zahlreiche aus den Bedürfnissen der Großindustrie sich ergebenden Fragen übergreift, ist ein zusammenfassender Unterricht ein dringendes Erfordernis geworden. Soll aber ein solcher Unterricht wirklich nutzbringend und den verschiedensten Problemen angepaßt sein, so ist er auch von dem Standpunkt der allgemeinen Mikroskopie aus zu erteilen und nicht Instituten zuzuweisen, deren Aufgabe in erster Linie die Einführung in Spezialwissenschaften ist. Die Berechtigung einer solchen Forderung ist eigentlich so selbstverständlich, daß jede weitere Begründung überflüssig erscheinen müßte, wenn es sich eben nicht um die Einführung und Verteidigung einer Neuerung handelte. Es dürfte deshalb wohl nicht überflüssig sein, noch etwas näher auf die große Mannigfaltigkeit der Aufgaben einzugehen, die zurzeit an einen sachgemäßen Unterricht in der wissenschaftlichen Mikroskopie zu stellen wären.

Soweit es sich um die subjektive mikroskopische Beobachtung handelt, ist es vor allem nötig, die Frage zu erörtern, inwieweit den mikroskopischen Bildern eine Ähnlichkeit mit dem Objekt zukommt, welche wichtige Rolle dabei die Art der Beleuchtung spielt, und innerhalb welcher Grenzen man überhaupt noch von einer Objektähnlichkeit sprechen kann. Über diese Dinge vermag nur eine mit instruktiven Demonstrationen verbundene Übung am Mikroskop für den praktischen Mikroskopiker Aufschluß zu geben; ein paar richtig angestellte Versuche geben in dieser Hinsicht rasch und bequem die nötige Kenntnis der tatsächlichen Verhältnisse, ohne daß dabei irgend ein tieferes Eingehen auf Fragen der theoretischen Optik oder gar auf mathematische Deduktionen erforderlich wäre. Ganz in derselben Weise lassen sich durch einfache Versuche die Methoden für die Prüfung der Objektive, die Einwirkung der verschiedenen Tubuslänge, der verschiedenen Deckglasdicke, die richtige Handhabung der Korrektionsfassungen, überhaupt die richtige Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Systeme lehren. Jeder Unbefangene, der solche Übungen einmal durchgemacht hat, wird zugeben müssen, daß selbst sehr geübte Mikroskopiker in diesen Dingen noch Fehler machen, durch die die Güte der Bilder gerade bei den besten Objektiven oft schwer beeinträchtigt wird.

Welche großen Vorteile der ABBESche Beleuchtungsapparat für die Untersuchung feiner und feinsten Strukturen, sowie überhaupt für die Beobachtung mit stärkeren Objektiven bietet, ist zwar zur Genüge bekannt, aber die sachgemäße Handhabung dieses Apparates, die jene Vorteile auch wirklich in vollem Umfange nutzbar macht, wird

meist nur durch einfaches Probieren erlernt. Selbst wenn dies an der Hand einer guten Gebrauchsanweisung geschieht, so erfordert es oft längere Zeit, bis eine gewisse Vertrautheit mit den verschiedenen Einrichtungen erreicht ist. Eine solche, für alle feineren Untersuchungen dringend notwendige Vertrautheit mit dem Apparat kann aber durch wenige instruktive Übungen unter sachkundiger Leitung leicht erworben werden, wie die Erfahrung genugsam bewiesen hat.

Die Benutzung der zahlreichen und zum Teil recht komplizierten Nebenapparate erfordert oft ein sehr zeitraubendes Studium; Mißerfolge bei der Anwendung lassen sich gar nicht vermeiden, wie ein jeder bestätigen wird, der sich einmal mit feineren Meßapparaten, mikrospektroskopischen Einrichtungen, Polarisationsapparaten, Vorrichtungen zur Erzielung der Dunkelfeldbeleuchtung usw. vertraut machen mußte. Klar geschriebene Gebrauchsanweisungen sind ja auch hierbei ohne Zweifel ein dringendes Bedürfnis, aber selbst die besten können gegenüber der praktischen, mit geeigneten Übungen verbundenen Anleitung nur als eine Art Notbehelf angesehen werden.

Zu den Methoden der subjektiven Beobachtung gehören auch die von den gewöhnlichen wesentlich abweichenden ultramikroskopischen, wie sie im Laufe der letzten fünf Jahre von SIEDENTOPF und ZSIGMONDY ausgebildet worden sind¹. Die zahlreichen Anwendungen, die diese Methoden bereits gefunden haben — besonders auch auf Gebieten, auf denen die Benutzung des Mikroskops kaum irgendeinen Erfolg versprach — haben deutlich genug gezeigt, daß eine richtige Handhabung der Einrichtungen für die Ultramikroskopie nicht bloß für die biologischen und medizinischen Wissenschaften, sondern fast mehr noch für das Gebiet der Molekularphysik wertvolle Aufschlüsse erwarten läßt. Soll aber in diesen Richtungen erfolgreich weitergearbeitet werden, so ist gerade hier ein sachkundiger Unterricht unbedingt notwendig. Dieser hätte jedoch nicht bloß die Demonstration der Methoden zu umfassen, sondern auch an instruktiven Beispielen in die kritische Beurteilung der Beobachtungsergebnisse einzuführen. Gebrauchsanweisungen können dabei nur wenig nutzen, und das Selbststudium muß stets, abgesehen von dem damit verbundenen Zeitaufwand, Veranlassung zu zahlreichen Mißerfolgen geben. Teils sind es zu hoch gespannte Erwartungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Methoden, teils auch ist es eine unrichtige

¹) Vgl. SIEDENTOPF, H., Ultramikroskopische Literatur in Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide Bd. I, 1906, Heft 6 u. 1907, Heft 9.

Auswahl unter den verschiedenen Arten der Dunkelfeldbeleuchtung, die solche Mißerfolge herbeiführen. Gerade der letztere Umstand hat, wie die Erfahrung lehrte, schon oft eine ganz ungerechtfertigte Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Ultramikroskopie veranlaßt. Es muß daher als eine der wichtigsten Aufgaben eines Instituts für wissenschaftliche Mikroskopie betrachtet werden, durch praktische Kurse die Grundlagen für eine gedeihliche Weiterentwicklung dieser Untersuchungsmethoden zu schaffen.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, welche Ziele bei der Anleitung zu subjektiven Beobachtungsmethoden zu verfolgen wären. Ganz ähnlich liegen nun die Dinge bei der Mikrophotographie und Projektion. Wenn auch auf diesen Gebieten die Kenntnis der Handhabung der Apparate weiter verbreitet zu sein scheint, so ist doch nicht zu leugnen, daß gerade hier noch eine Anzahl tief eingewurzelter Fehler besteht; teils sind sie auf die jedem Selbststudium anhaftenden Mängel, teils aber auch auf unrichtige Anweisungen in manchen Lehrbüchern zurückzuführen. Trotzdem die Mikrophotographie in den letzten Jahrzehnten ganz bedeutende Fortschritte zu verzeichnen hat und die Vervollkommnung der Apparate auf einer hohen Stufe angelangt ist, so ist sie doch heute noch vielfach eine Art Kunst, für deren Ausübung recht schwankende und meist nicht auf theoretischer Grundlage gewonnene Regeln bestehen. Es ist in erster Linie die Kenntnis des richtigen Verfahrens der Beleuchtung, die viel zeitraubendes und oft ganz erfolgloses Herumprobieren erspart. Fast noch mehr als für die Ausführung ultramikroskopischer Beobachtungen gilt für mikrophotographische Arbeiten, daß auch die beste Gebrauchsanweisung nicht viel nutzt, wenn nicht eine praktische Einübung unter sachkundiger Leitung vorausgegangen ist. Die richtige Auswahl unter den verschiedenen in Betracht kommenden Beleuchtungsarten, die exakte Zentrierung der optischen Teile, die experimentelle Bestimmung der geeigneten Expositionszeit und andere Dinge, die für das Gelingen mikrophotographischer Aufnahmen von der größten Wichtigkeit sind, lassen sich in verhältnismäßig kurzer Zeit in einem mikrophotographischen Praktikum erlernen. Niemand, der sich autodidaktisch mit den Methoden der Mikrophotographie vertraut machen mußte, wird leugnen, daß solche Übungen für die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Mikrophotographie von großem Vorteil seien.

Auch bei der Projektion mikroskopischer Präparate, die zweifellos für den Unterricht außerordentlichen Nutzen bietet, ist die genaue

Kenntnis der richtigen Beleuchtungsmethoden unerlässlich. Gerade auf diesem Gebiet haben sich recht sonderbare Ansichten oder vielmehr Vorurteile gebildet. Man glaubt vielfach, unter Berufung auf Äußerungen von autoritativer Seite, daß der Mikroprojektion verhältnismäßig enge Schranken gesetzt seien, daß sie eigentlich nur bei schwachen Vergrößerungen mit Vorteil anzuwenden wäre. Freilich, wenn man sich die früher geübten Methoden genauer ansah, war eine solche Ansicht wohl begreiflich. Daß man aber bei völliger Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Lichtquellen zu ganz anderen Resultaten gelangt und — vorausgesetzt, daß die Präparate kontrastreich gefärbt sind — selbst bei Benutzung homogener Immersionen noch genügend scharfe Bilder erhalten kann, haben in überzeugender Weise die Arbeiten A. KÖHLERS gezeigt¹⁾, auf die hier nur kurz verwiesen werden kann.

Es genügt für diesen Zweck schon eine gewöhnliche 20 Ampèrelampe, um unter Anwendung der sogenannten lichtstarken Sammellinsen z. B. bakteriologische Präparate mit den stärksten Objektiven zu projizieren. Bei der Konstruktion jener Beleuchtungseinrichtung sind die Lichtverluste in den einzelnen Linsen genau berücksichtigt und auf ein möglichst geringes Maß gebracht worden. Außerdem braucht dabei stets nur das wirklich zu projizierende objektive Sehfeld beleuchtet zu werden, wodurch eine unnötige und beim Projizieren sehr lästige Erwärmung der Präparate vermieden werden kann. Gute Erfolge sind aber auch hierbei natürlich nur dann zu erzielen, wenn derjenige, der die Projektionen auszuführen hat, mit der richtigen Handhabung der Apparate völlig vertraut ist.

Ganz besondere Übungen erfordern auch die Mikroprojektionen im polarisierten Licht. Sowohl wenn es sich um die Darstellung der Erscheinungen im mikroskopischen Bilde des Objekts als auch wenn es sich um Projektion von Achsenbildern handelt, ist eine genaue Kenntnis der verschiedenen Beleuchtungsmethoden unbedingt notwendig. Wie außerordentlich lehrreich die Projektion der im mikroskopischen Präparat sich abspielenden Vorgänge ist, haben die auf der Naturforscherversammlung in Stuttgart vorgeführten Versuche gezeigt, die die Wirkung hoher Temperaturen und rascher Temperaturänderungen einem größeren Zuhörerkreis zu demonstrieren gestatteten. Die Projektionen konnten sowohl im natürlichen wie auch im polarisierten

¹⁾ KÖHLER, A.. Ein lichtstarkes Sammellinsensystem für Mikroprojektion. Diese Zeitschr. Bd. XIX, 1903, p. 417—429.

Licht mittels des von SIEDENTOPF auf Anregung von O. LEHMANN konstruierten Heizmikroskops ausgeführt werden¹. Die erfolgreiche Handhabung der Einrichtungen dieses Heizmikroskops nicht bloß bei den Projektionen, sondern auch bei der subjektiven Beobachtung, kann natürlich auch am besten durch praktische Übungen unter sachkundiger Leitung erlernt werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe für den Unterricht in Instituten für Mikroskopie wäre die Anleitung zur Mikrophotographie im ultravioletten Licht. Die von A. KÖHLER ausgearbeiteten Methoden², deren richtige Anwendung die Leistungsfähigkeit des Mikroskops so bedeutend gesteigert hat, lassen nur bei vollständiger Vertrautheit mit den Apparaten ein erfolgreiches Arbeiten erwarten. Auch hier hat bereits die Erfahrung genugsam gelehrt, daß die Bedeutung dieses so wichtigen Fortschritts der mikroskopischen Forschung leicht unterschätzt wird, wenn unzureichende Kenntnis der Apparate die volle Ausnutzung ihrer Leistungsfähigkeit verhindert.

Nachdem im vorstehenden an einigen Beispielen gezeigt werden konnte, welche Aufgaben dem Unterricht in den Instituten für Mikroskopie gestellt werden müssten, soll nun noch die Frage erörtert werden, wie solche Institute einzurichten wären und welche Gliederung der den einzelnen Aufgaben entsprechende Unterricht zu erfahren hätte, d. h. wie die Vorlesungen und Übungen am zweckmäßigsten aneinander zu reihen wären. Es wird dabei von Vorteil sein, daß wir von den Erfahrungen Gebrauch machen können, die in dem einzigen zurzeit bestehenden Institut dieser Art gewonnen wurden. Einige kurze Bemerkungen über die Entstehungsgeschichte dieses Instituts mögen vorausgeschickt werden. Ich hatte in Leipzig fast zehn Jahre hindurch regelmäßig Vorlesungen über die Theorie des Mikroskops und über die Benutzung des Polarisationsmikroskops für histologische Untersuchungen abgehalten, wobei mir allerdings nur eine ganz bescheidene Anzahl von brauchbaren Instrumenten für die notwendigsten Demonstrationen zur Verfügung stand. Meine Bemühungen, den Lehrplan zu erweitern, blieben ohne Erfolg; jede Unterstützung wurde versagt, mit der Begründung, daß ja gar kein Bedürfnis vorhanden sei, einen speziell für die Zwecke der wissenschaftlichen Mikroskopie bestimmten Unterricht zu schaffen.

¹) SIEDENTOPF, H., Zeitschr. f. Elektrochemie, 1906, p. 593—596.

²) KÖHLER, A., Mikrophotographische Untersuchungen mit ultraviolettem Licht. Diese Zeitschr. Bd. XXI, 1904, p. 129—165. 243—304.

Schon bald nach meiner Übersiedlung nach Jena konnte ich zu meiner großen Freude den lange gehegten Plan verwirklichen. Professor ABBE billigte die Errichtung eines besonderen Instituts für solche Zwecke, und die Carl ZEISS-Stiftung stellte die Mittel zur Verfügung. Es wurde im Jahre 1902 ein Anbau an ein anderes Universitätsinstitut errichtet, in dem vier Zimmer und zwei Kellerräume für den mikroskopischen Unterricht bestimmt waren. Zwei Zimmer im Erdgeschoß sind für die Vorlesungen und Übungen in der Mikrophotographie und Projektion eingerichtet; die elektrischen Lampen werden durch eine im Keller aufgestellte Akkumulatorenbatterie gespeist. Die Zimmer im ersten Stock sind für acht Arbeitsplätze eingerichtet; hier werden in jedem Semester praktische Kurse in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate abgehalten. Das größere Zimmer dient zugleich als Hörsaal für die Vorlesungen über Mikroskopie. Die übrigen Kurse, die sich auf die subjektive Beobachtung mit dem Mikroskop beziehen, werden ebenfalls in diesen Räumen abgehalten. Die gesamte Ausrüstung des Instituts mit Mikroskopen und anderen Apparaten ist von der ZEISSschen Werkstätte besorgt worden, die auch die Zusage gegeben hat, die jeweils notwendige Ergänzung des Instrumentariums zu übernehmen. Insofern lagen allerdings in Jena die Verhältnisse sehr günstig, als wir hier die Gewähr hatten, daß es immer leicht möglich sein würde, die Besucher des Instituts mit allen wichtigen Neuerungen bekannt zu machen, und daß für die Übungen jederzeit leistungsfähige Apparate zur Verfügung stehen.

Das Institut wurde zuerst im Sommersemester 1903 in Benutzung genommen und hat sich in den vier Jahren seines Bestehens eines regen Besuchs zu erfreuen gehabt, so daß bereits mehrere Semester hindurch für die mikroskopischen Übungen Parallelkurse abgehalten werden mußten. Wenn es sich demnach schon bald herausgestellt hat, daß die Räume etwas beschränkt sind, so hat sich doch die ganze Einrichtung im wesentlichen bewährt; und es ist wohl auch zu hoffen, daß in nicht allzulanger Zeit die Carl ZEISS-Stiftung die Mittel zur Errichtung eines größeren Instituts gewähren wird.

Bisher wurden Vorlesungen und Übungen nur während der Semester abgehalten, doch sind für die Zukunft auch noch Ferienkurse in Aussicht genommen, und zwar wird damit bereits im Herbst dieses Jahres begonnen werden. Diese Kurse sollen dazu dienen, solchen Besuchern, die während der Semester verhindert sind, in etwa acht oder vierzehn Tagen die Handhabung der verschiedenen Apparate

für Mikrophotographie, Projektion, Ultramikroskopie sowie für subjektive Beobachtung vorzuführen. Durch solche Ferienkurse wird, wie man annehmen darf, einem Bedürfnis entsprochen werden, das wohl schon viele empfunden haben werden, denen die Leitung der Praktika in den naturwissenschaftlichen und medizinischen Instituten obliegt, oder die sich für ihre eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen orientieren wollen.

Später sollen diese Kurse auch auf die mannigfachen Fragen Rücksicht nehmen, die in den letzten Jahren in verschiedenen Industriezweigen für die mikroskopische Forschung von Bedeutung geworden sind. Dahin gehören vor allem die für alle Hütten und ähnlichen Werke dringend notwendigen Metalluntersuchungen. Auch die Textil- und Papierindustrie, die Färbereien und Gerbereien, viele chemische Fabriken, ferner die Brauereien, die Anstalten für Hefezüchtung, die Molkereien u. a. m. sind bei zahlreichen Fragen auf mikroskopische Untersuchungen angewiesen; und es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß eine größere Vertrautheit mit den mikroskopischen Beobachtungsmethoden in allen diesen Fällen von Nutzen sein wird. Gerade die Anwendung der neuen Methoden der Ultramikroskopie und der Mikrophotographie im ultravioletten Licht lassen besonders interessante Ergebnisse erhoffen.

Um nun auch noch einen Überblick darüber zu geben, was in den einzelnen bisher regelmäßig abgehaltenen Vorlesungen und Übungen geboten worden ist, will ich zum Schluß eine kurze Zusammenstellung der behandelten Themata anfügen.

Die Titel der Vorlesungen und Übungen waren folgende:

- I. Einleitung in die Theorie des Mikroskops und seiner Nebenapparate, zweistündig, im Wintersemester.
- II. Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, zwei- oder vierstündig, im Sommer- und Wintersemester.
- III. Untersuchungen im polarisierten Licht, mit Übungen, ein- oder zweistündig, im Sommersemester.
- IV. Einleitung in die Theorie der Apparate für Mikrophotographie und Projektion, zweistündig, im Sommersemester.
- V. Übungen in der Handhabung der Apparate für Mikrophotographie und Projektion, zweistündig, im Wintersemester.
- VI. Die Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmung und deren Erweiterung durch die Mikrophotographie, einstündig, im Wintersemester.

In der unter I. aufgeführten Vorlesung werden die einzelnen Aufgaben in nachstehender Reihenfolge behandelt:

A. Elementare geometrische Optik mit besonderer Berücksichtigung des Strahlenganges im zusammengesetzten Mikroskop. Theorie der Beleuchtungsapparate. Lichtstärke in optischen Instrumenten. Bedeutung der Apertur- und Sehfeldblenden. Lage der Pupillen, ihr Zusammenhang mit der Fokustiefe und der Genauigkeit der Messungen (telezentrischer Strahlengang). Lage der Kardinalpunkte beim Objektiv, Okular und ganzen Mikroskop. Elementare Darstellung der sphärischen und chromatischen Aberrationen. Einfache Beispiele für die Hebung dieser Fehler. Verschiedenheit der Forderung für die Korrektion bei Objektiv und Okular. Aplanatismus und Sinusbedingung. Bedeutung der Deckglasdicke und der Tubuslänge. Öffnungswinkel der Objektive; numerische Apertur; Bedeutung der Totalreflexion für die Beschränkung der numerischen Apertur und für die Dunkelfeldbeleuchtung. Bestimmung der Brechungsexponenten mikroskopischer Objekte.

B. ABBESche Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung. Elementare Darstellung der Beugungserscheinungen, soweit sie für das Mikroskop in Betracht kommen. Auflösungs- und Definitionsvermögen. Objekte mit absorbierenden Struktureinzelheiten und solche, bei denen die Struktureinzelheiten nur durch Abweichungen im Brechungsvermögen abgebildet werden können; darauf beruhende Verschiedenheit in den Bildern. Erweiterung der Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmung. Ähnlichkeit von Objekt und Bild.

C. Besprechung der wichtigsten Nebenapparate: Zeichen-, Meß-, Zählapparate; Spektralapparate für mikroskopische Beobachtungen. Apparate zur Prüfung des Mikroskops, Testplatte, Apertometer. Einrichtungen zur Herstellung der Dunkelfeldbeleuchtung. Binokulare Mikroskope.

An diese mehr theoretische Vorlesung schließen sich die unter II. angeführten Übungen an. Nach Erläuterung der mechanischen Teile am Modell (Mikrometerbewegung, Zahn- und Triebbewegung, Objektivwechsler, bewegliche Objektische usw.) wird die Handhabung der einzelnen Apparate etwa in folgender Reihe geübt:

1) Beleuchtungsapparate für durchfallendes Licht, richtige Wahl der Öffnung und Richtung der Beleuchtungskegel. 2) Zeichenapparate, verschiedene Methoden des Zeichnens; Bestimmung der Vergrößerung mittels der Zeichenapparate. 3) Meßapparate, Okular- und Objektivmikrometer; Dickenmessung mittels der Mikrometerschraube.

4) Zählapparate, mit besonderer Berücksichtigung der Zählung von Blutkörperchen, Hefezellen, Bakterien, Fettkörperchen in Emulsionen u. dergl., sowie der bei der Zählung zu beachtenden Fehlerquellen. 5) Apparate zur Prüfung der Objektive auf ihren Korrektionszustand (Achromasie, Apochromasie, chromatische Differenz der sphärischen Aberration). Prüfung des Aplanatismus. Wirkung der Deckglasdicke und der Tubuslänge. Messung der Aperturen und der Brennweiten der Objektive. Bestimmung der Lage der Brennpunkte. 6) Übungen am ABBESchen Diffraktionsapparat, sowie an Objekten mit periodischer Struktur (Diatomeen); Bestimmung von Streifendistanzen durch Messung der Abstände der Beugungsspektren in der Austrittspupille des Objektivs. 7) Benutzung der Spektralapparate für die Okularbeobachtung und Übungen mit dem ENGELMANNschen Mikrospektralobjektiv. 8) Beleuchtung mittels auffallenden Lichts; Benutzung des Vertikalilluminators für die Untersuchung opaker Objekte, wie Metalle, Gesteine u. dergl. 9) Demonstration der Einrichtungen für die Herstellung der Dunkelfeldbeleuchtung, unter besonderen Hinweis auf die Methoden der Ultramikroskopie. 10) Stereoskopische Einrichtungen; Arbeiten mit den binokularen Mikroskopen; orthoskopische und pseudoskopische Effekte beim ABBESchen stereoskopischen Okular. 11) Einrichtungen zur Bildumkehrung. Demonstrationen über die Lage der verschiedenen Zwischenbilder; Berücksichtigung der katadioptrischen Bilder. 12) Demonstrationen über die Lagen der Apertur- und Sehfeldblenden, der Iris und Pupillen.

In ähnlicher Weise werden in der Vorlesung IV. und in den Übungen V. der Strahlengang und die Bilderzeugung bei der Mikrophotographie und Projektion besprochen, nur mit dem Unterschied, daß hier die sehr verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen eine wesentlich eingehendere Behandlung erfahren und das Hauptgewicht auf die möglichst mannigfaltigen Demonstrationen gelegt wird.

Der Inhalt der Vorlesung III. läßt sich etwa folgendermaßen einteilen:

1) Elementare Darstellung der Entstehung der Interferenzfarben zwischen gekreuzten Nicols mit besonderer Berücksichtigung der Erscheinungen an Tier- und Pflanzengewebe sowie an gespannten Kolloiden. 2) Ausführliche Besprechung der akzidentellen Doppelbrechung an Kolloiden, Glas, Kristallen, Kristallpulvern (BREWSTERsche Versuche). 3) Künstlicher Dichroismus, Färbungen von Fasern, Kolloiden, Kristallen. 4) Übungen im Bestimmen der Lage der op-

tischen Symmetrieachsen, Beziehungen dieser Achsen zu den Hauptquellungsachsen; Veränderung der Doppelbrechung bei eintretender Quellung. 5) Umkehr des Charakters der Doppelbrechung nach Erwärmung oder bei Einwirkung verschiedener Reagentien (Versuche von v. EBNER). 6) Beobachtung der Achsenbilder an Membranen und Kolloiden. 7) Bestimmung der Brechungsexponenten doppelbrechender mikroskopischer Objekte; Benutzung der Kompensatorokulare. 8) Beobachtungen mittels des Spektropolarisators. 9) Anomalien bei der akzidentellen Doppelbrechung in verschiedenen Gummiarten, Guttapercha und einigen Flintgläsern.

In Zusammenhang mit diesen Übungen stehen die Demonstrationen in den Vorlesungen IV. und V. am Projektionsapparat mittels polarisierten Lichts, und die Makro- und Mikrophotographie verschiedener Interferenzerscheinungen.

In der mehr theoretischen Vorlesung VI. wird zunächst eine ausführliche Darstellung der ABBESchen Theorie mit instruktiven Demonstrationen am Projektionsapparat gegeben. Im Anschluß hieran werden die Bedingungen für die Mikrophotographie im ultravioletten Licht erörtert und die zugehörigen Apparate demonstriert. Ferner wird ein Überblick über die verschiedenen Abbildungstheorien (ABBE, HELMHOLTZ, LORD RAYLEIGH) gegeben.

Für die Zukunft sind noch Vorlesungen über die historische Entwicklung des Mikroskops sowie über die neueren Fortschritte der wissenschaftlichen Mikroskopie in Aussicht genommen. Außerdem soll auf die bereits oben erwähnten Ferienkurse besonderes Gewicht gelegt werden.

[Eingegangen am 7. März 1907.]

