

Makro- und Mikrophotographie in Vergangenheit und Gegenwart.

Von Univ.-Doz. Dr. Walter U r l, Wien.

Vortrag, gehalten am 11. Januar 1961.

Die Mikrophotographie ist heute ein vielgeübtes und wichtiges Hilfsmittel in den verschiedensten Zweigen von Wissenschaft und Technik. An den Fortschritten und reichen Erfolgen von Optik und Photochemie während des letzten Jahrhunderts hatte sie ihren Anteil und wuchs zur gegenwärtigen Vollkommenheit. Man hat die Mikrophotographie in ihrer früheren Zeit und während ihrer ersten Blüte vielleicht überschätzt. Vielfach vertrat man die Meinung, sie müsse die Zeichnung völlig verdrängen. Das war ein im Hochgefühl der ersten großen Erfolge verständlicher Irrtum. Der Streit „Zeichnung oder Photographie“ ist heute nicht mehr aktuell und man weiß, was man wo anwendet. Die Mikrophotographie ist aber über die eine Aufgabe, Illustrationen für wissenschaftliche Veröffentlichungen zu liefern, also etwa den Querschnitt durch einen Pflanzenstengel oder einen Metallschliff abzubilden, hinausgewachsen. Sie ist bei der Billigkeit und Schnelligkeit mit der sie

heute auszuführen ist unentbehrlicher Protokollbehelf geworden, sie dient in der Industrie der Überwachung von Produktionsgängen und hat mit der Mikrokinematographie und der damit verbundenen Möglichkeit der Zeitraffung und besonders Zeitdehnung Einblicke in vordem unenträselbare biologische und technische Vorgänge vermittelt.

Wie in der Geschichte der Photographie überhaupt, ist auch bei einer historischen Betrachtung der Mikrophotographie der Fortschritt sowohl auf dem Gebiet der Optik und der Apparate auf der einen Seite und der auf dem Gebiet der Photochemie auf der anderen Seite zu betrachten. Die Geschichte der Mikrophotographie beginnt im wesentlichen mit jenem Zeitpunkt an dem man überhaupt mit bleibendem Erfolg photographieren konnte. Das war 1839.

Um die Lage zu diesem Zeitpunkt überblicken zu können, ist es von Vorteil, die frühe Entwicklung der Mikroskopie und Optik wie auch der Photochemie, insbesondere der die Grundlage der heutigen Photographie bildenden Silbersalze in kurzen Zügen zu schildern.

Die Eigenschaften lichtbrechender Körper mit gekrümmten Flächen waren schon im Altertum bekannt, doch hat erst viel später, um 1100, Alhazén (Ibn al Haitam) über die Vergrößerung mittels Linsen ausführlicher geschrieben. Brillen und Lesegläser führten sich anfangs des 13. Jhd.

ein, zu einer Zeit also, als Roger Bacon über Lichtbrechung durch sphärisch begrenzte Medien arbeitete. Hier interessiert die Geschichte der Optik aber erst, als Linsen wirklich zu mikroskopischen Zwecken benutzt wurden. Das war an der Wende des 16. zum 17. Jhd. der Fall und schon in diese Zeit fällt die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops durch Zacharias Jansen. Dieses blieb aber aus verschiedenen Gründen lange Zeit wenig beachtet und hat sich besonders in der Mikrophotographie erst sehr spät durchgesetzt. Anfangs beschäftigte man sich überhaupt wenig mit Mikroskopie, auch deswegen, weil im 17. Jhd. das Fernrohr die Gemüter sehr erregte, später dann, etwa an der Wende des 17. zum 18. Jhd. achtete man wieder wenig auf das zusammengesetzte Mikroskop, da zu dieser Zeit das einfache Mikroskop, verknüpft besonders mit dem Namen Leeuwenhoek, seine großen Triumphe feierte. Das einfache Mikroskop blieb lange von Bedeutung. So entdeckte Brown 1828 den Zellkern mit einem einfachen Mikroskop. Obwohl eine der ersten wissenschaftlichen Anwendungen des zusammengesetzten Mikroskops im Jahre 1667 durch Hooke die Entdeckung der Pflanzenzelle brachte, führte dieses weiter ein recht kümmerliches Dasein. Vor allem gelang es nicht, die chromatische und sphärische Aberration, also den Farben- und den Öffnungsfehler auch nur in halbwegs

befriedigender Weise zu beseitigen. Mit den starken Linsen des einfachen Mikroskops erreichte man auch viel stärkere Vergrößerungen als mit den aus Objektiv und Okular bestehenden zusammengesetzten Mikroskopen. Der Siegeszug des letzteres begann erst Ende des 18. Jhd. 1791 gelang es dem Holländer *Beeldsnyder* ein achromatisches Objektiv unter Benutzung von Linsen aus Kron- und Flintglas herzustellen. Diese Erfindung wurde allerdings erst 1807 für die Allgemeinheit von Nutzen, als der jüngere *van Deyl* in Amsterdam ein zusammengesetztes Mikroskop mit achromatischen Objektiven auf den Markt brachte. Allerdings hatten diese Objektive für moderne Begriffe erhebliche Brennweiten, nämlich 18 bzw. 26 mm. Die weiteren Fortschritte auf dem Gebiet des Mikroskopbaues in der ersten Hälfte des 19. Jhd. sind zunächst verknüpft mit dem Namen *Selligie* dessen Konstruktion die Pariser Optiker *Vincent* und *Charles Chevalier* um 1824 verfertigten. *Charles Chevalier* spielt später in der Geschichte der Photographie eine wichtige Rolle.

Andere wichtige Werkstätten dieser Zeit sind u. a. *Ross* (London), *Oberhäuser* (Paris), *Hartnack* (Paris, später Potsdam), *Plössl* (Wien), *Merz* (München, der Nachfolger *Fraunhofers*). Die wichtigsten Fortschritte aber erreichte der Italiener *Amici* in Modena.

Schon verzweifelnd an der Möglichkeit des achromatischen Mikroskops hatte er sein Heil im Spiegelmikroskop gesucht. Durch Chevaliers Erfolge angeeifert, kehrte er jedoch zum Linsenobjektiv zurück. Unter anderem wies er 1829 erstmals den Einfluß der Deckglasdicke auf die Beschaffenheit des mikroskopischen Bildes nach und führte 1850 als Erster Immersionssysteme mit Wasser als Immersionsmittel in die Mikroskopie ein. Er erkannte aber schon klar den Wert höherbrechender Immersionsmittel. A m i c i starb 1862. Die Fortschritte in der Achromatisierung der Objektive des zusammengesetzten Mikroskops kamen natürlich auch den Objektiven des einfachen Mikroskops zugute und führten die meist mit diesem arbeitenden frühen Mikrophographen zu ihren großen Erfolgen. Im Bau der Mikroskopstative hatte sich gegen Ende der 1. Hälfte des 19. Jhd. das von den französischen Optikern Chevalier und Oberhäuser eingeführte Hufeisenstativ durchgesetzt und behielt seine führende Stellung fast 100 Jahre lang (Abb. 1).

Im Folgenden soll nun die Entwicklung der Photochemie bis zur Mitte des 19. Jhd. betrachtet werden, also bis zum Zeitpunkt der Einführung des nassen Kollodiumverfahrens. Die Experimente der Alchimisten hatten auf dem Gebiet der Silbersalze nichts gebracht. Ein wichtiger Ausgangspunkt ist aber die Herstellung des Silbernitrats,

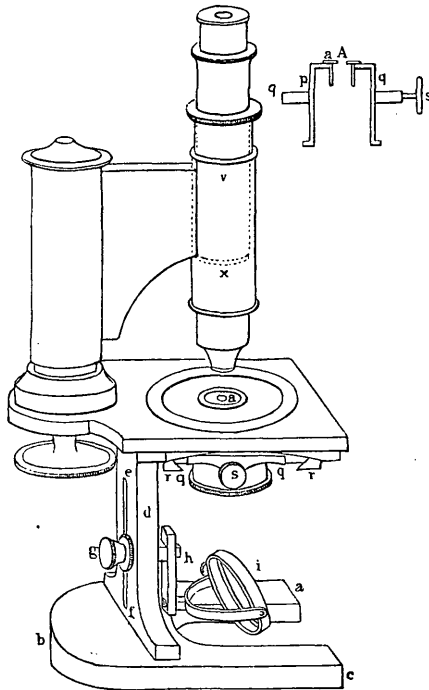


Abb. 1. Mikroskop von Oberhäuser mit Hufeisenstativ aus dem Jahre 1848.

welche angeblich erstmals von dem arabischen Alchimisten G e b e r im 8. Jhd. ausgeführt wurde. Genauere Angaben über dieses Salz stammen aber erst von dem italienischen Arzt Angelo S a l a 1614. Er bemerkte auch, daß gepulvertes Silbernitrat an der Sonne tiefschwarz wird. Silberchlorid, als

natürliches, in der Natur vorkommendes Mineral beschrieb zuerst **F a b r i c i u s** (1516—1571) im Jahre 1565, erwähnte aber nichts von Lichtempfindlichkeit. Die nasse Herstellung des Silberchlorids, etwa nach der Reaktion $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$, die in der Photographie später so große Bedeutung gewann, war dagegen wohl schon länger bekannt. Sie soll von einem Alchimisten namens **V a l e n t i u s** entdeckt worden sein, der angeblich um 1413 in Erfurt lebte. Die exakte Naturforschung beginnt auf dem Gebiet der Photochemie mit **R o b e r t B o y l e** (1627—1691), dem berühmten englischen Chemiker und Physiker. **B o y l e**, der nimmermüde tätig war, die Naturwissenschaften von kabbalistischen und theosophischen Irrtümern zu befreien, entdeckte 1667 die Farbänderung des Silberchlorids am Licht, glaubte allerdings noch, die Ursache sei die Luft.

So blieb die eigentliche Entdeckung der Lichtempfindlichkeit der Silbersalze dem 18. Jhd. vorbehalten. Diese Entdeckung war das Werk eines höchst bemerkenswerten Mannes, eines Polyhistor im wahren Sinn des Wortes. Denn **J o h a n n H e i n r i c h S c h u l z e** (1687—1744) war in der Tat von unfaßbarer Vielseitigkeit. Er war zuerst Lehrer der Botanik, Anatomie, Geographie und Philologie in Halle, dann ab 1720 Professor an der Universität Altdorf. Ab 1732 war Schulze wieder

in Halle, diesmal an der Universität als Professor der Medizin, der Beredsamkeit und der Altertümer. Außerdem lehrte er arabisch und griechisch und war ein bedeutender Numismatiker. Zu seinen Schülern zählte unter anderen der Begründer der neueren Archäologie Winkelmann. Neben all dem hatte nun Schulze noch Zeit für chemische Experimente. Dabei entdeckte er 1725 (veröffentlicht 1727), als er einen, der seit der 2. Hälfte des 17. Jhd. so beliebten Leuchtsteine herstellen wollte, durch Zufall die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze. Er hatte Kreidepulver (CaCO_3) oder Magnesiumkarbonat mit silberhaltiger Salpetersäure übergossen. Da das von ihm verwendete Brunnenwasser etwas chlorhaltig war, entstand in seinem Ansatz neben etwas Silberchlorid meist Silberkarbonat. Schulze bemerkte nun, daß sich seine Mischung am Licht schwärzte. Er zeigte auch ganz klar, daß durch Wärme keine Schwärzung des Gemisches hervorgerufen wird. Mit Schablonen, die er auf die Gläser legte, welche sein Gemisch enthielten, kopierte er auch Zeichen und Buchstaben. Schulzes Mitteilung geriet in der Folgezeit völlig in Vergessenheit.

Die weitere photochemische Forschung kam so durch den italienischen Physiker Beccarius (1716—1781) in Gang. Er beschrieb 1757 die Lichtempfindlichkeit des Silberchlorids. Der große Wendepunkt in der photochemischen Forschung ist

aber mit dem Namen *Scheele* verknüpft. Er lebte von 1742—1786. *Scheele*, einer der berühmtesten Chemiker überhaupt, entdeckte nicht nur unabhängig von *Priestley* und *Lavoisier* den Sauerstoff, sondern auch viele organische Stoffe wie Glycerin, Zitronen-, Gallus- und Apfelsäure. 1777 beschrieb er in seiner berühmten „Chemischen Abhandlung über Luft und Feuer“ nicht nur genau die Lichtreaktion des Silberchlorids, wobei er erkannte, daß die Ursache der Schwärzung metallisches Silber ist, sondern auch die Wirkung des Sonnenspektrums auf mit Chlorsilberpulver bestreutes Papier. Er erkannte, daß sich das Chlorsilber im violetten Licht am schnellsten schwärzt. Im Ammoniak erkannte er ein Mittel, das im Licht geschwärzte Chlorsilber vom unveränderten zu trennen. Diese geniale Beobachtung, die nichts weniger als die erste Angabe eines Fixiermittels bedeutet, blieb leider lange unbeachtet. Doch bahnte sich nach *Scheele* endlich der Weg zu praktischer Verwendung der photochemischen Erkenntnisse. Der Engländer *Wedgwood* (1771—1805) versuchte nämlich systematisch Bilder bzw. Schattenrisse auf mit Silberchlorid bestrichene Leder- und Papierstücke zu kopieren. Er faßte auch die Möglichkeit klar ins Auge, Bilder in der *Camera obscura* zu erhalten. Dieser Gedanke lag ja nahe. Die *Camera obscura*, in ihrem Wesen als Lochkamera wohl schon *Alhazén*

bekannt, wurde von Leonardo da Vinci erstmals klar geschildert und später, 1553, von Porta unabhängig genauer beschrieben. Barbaro, 1568 und später auch Porta verbesserten die Camera durch Einsetzen von Linsen. In der Folgezeit diente die Camera obscura als Schauobjekt auf Jahrmärkten und wurde aber auch viel als Zeichenhilfe verwendet. Wedgwoods erste richtungsweisenden Versuche mit der Camera scheiterten jedoch wegen der geringen Lichtempfindlichkeit seiner Methode. Es gelangen ihm aber die Kopien gut und er veröffentlichte seine Versuche gemeinsam mit dem später so berühmten Chemiker Davy im Jahre 1802. Davy (1778—1829) hatte sogar kleine Objekte, wahrscheinlich Insekten, mit Hilfe des Sonnenmikroskops kopiert. Er stellte so eigentlich die ersten Mikrophotographien her, ist aber jedenfalls der Erfinder der Vergrößerungsphotographie. Die Versuche von Wedgwood und Davy scheiterten aber an der Frage des Fixiermittels. Ihre Bilder blieben unfixierbar und waren daher nicht dauerhaft. Man konnte sie nur bei Kerzenlicht oder im Halbdunkel betrachten. Dabei hatte Scheele 30 Jahre vorher im Ammoniak schon ein Fixiermittel angegeben! Das hätte der Chemiker Davy wissen müssen, besonders wo er doch Scheeles Arbeit zitiert. Wedgwood starb schon 1805 und Davy wurde in der Folge durch seine elektrochemischen Ver-

suche abgelenkt und verfolgte die Sache nicht weiter. Das hatte schlimme Folgen, weil viele Forscher abgeschreckt wurden und sich kaum jemand weiter mit photographischen Versuchen befaßte. Immerhin ist D a v y auch dadurch für die Entwicklung der Photographie von Bedeutung, weil er 1814 als erster Jodsilber herstellte, welches in der Photographie später so große Bedeutung gewann.

Die Mißerfolge mit Silbersalzen am Anfang des 19. Jhd. waren vielleicht auch der Grund, warum sich der Franzose Nicephore Niepce (1765—1833), der Mann, der die Erfindung der Photographie sozusagen wieder in Gang brachte, bei seinen Versuchen das Bild in der Camera obscura chemisch festzuhalten, anderen lichtempfindlichen Substanzen zuwandte, nämlich Harzen und Asphalten. Niepce begann seine Versuche 1813 und arbeitete anfangs mit Guajakharz, dessen Lichtempfindlichkeit 1782 H a g e m a n n entdeckt hatte. Später ging er jedoch zu Asphalt über. 1822 gelang ihm eine ausgezeichnete Asphaltkopie eines Kupferstichs auf Glas und 1826 erhielt er das erste Bild in der Camera. Dieses erst vor wenigen Jahren wieder aufgefundene Bild stellt einen Blick aus dem Fenster des Landhauses von Niepce in Chalon sur Saone dar. Die Methode bestand darin, daß asphaltüberzogene Zink- oder Silberplatten nach der Belichtung in einer Mischung von Lavendelöl und Petroleum behandelt wurden, wo-

bei sich der unbelichtete Aszhalt löste. Diese Methode war aber praktisch kaum anwendbar, da sie extrem lange Belichtungszeiten erforderte. So entstand Niepces erstes Bild durch achtstündige Belichtung bei praller Sonne. Durch den Pariser Optiker Charles Chevalier, von welchem Niepce Optik bezog, kam er mit dem Maler Daguerre in Paris in Verbindung. Auch dieser beschäftigte sich mit photographischen Versuchen. Beide schlossen 1829 den bekannten Vertrag, der beide verpflichtete, alles in ihren Kräften stehende zu unternehmen, um die Photographie zu erfinden. Niepce starb 1833 mitten in der Arbeit. Daguerre dagegen gelang der große Wurf. Wie weit der Zufall, der in der Geschichte der Naturwissenschaften so oft eine große Rolle spielt, mitwirkte und wie weit die zweifellos recht geringen chemischen Kenntnisse Daguerres, läßt sich nicht mehr feststellen. Daguerre fand jedenfalls, daß mit Jod geräucherte, silberplattierte Metallplatten lichtempfindlich sind. Seine wichtigste Entdeckung war aber die Entwicklung der Bilder mit Quecksilberdampf, der sich an den vom Licht getroffenen Stellen niederschlägt. Damit sanken die erforderlichen Belichtungszeiten von Stunden auf Minuten. Auch Daguerre hatte anfangs Schwierigkeiten mit der Fixierung und erreichte diese nur unvollkommen mit heißer Kochsalzlösung. Bald nach der Veröffentlichung seines

Verfahrens im Jahre 1839, welches den Namen „Daguerreotypie“ erhielt, griff er jedoch zu dem schon 1819 von Sir John Herschel als silber-salzlösendes Mittel angegebene Natriumthiosulfat. Diese Arbeit war übersehen worden und Herschel machte anlässlich der Veröffentlichung der Daguerreotypie wieder darauf aufmerksam. John Herschel war der Sohn des berühmten Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel, der auch das infrarote Spektrum entdeckte. Dem Rat John Herschels hatte besonders Fox Talbot viel zu danken. Talbot, der von 1800 bis 1877 lebte, darf wohl als der bedeutendste Wegbereiter der modernen Photographie gelten. Er hatte bei Reisen nach Italien die Camera obscura als Zeichenhilfe benutzt und wegen des geringen Erfolges 1834 mit Versuchen begonnen, die Bilder der Camera chemisch festzuhalten. Er bestrich zuerst wie Wedwood und Davy — dessen Arbeiten er seit 1837 kannte — Papier mit Silbernitrat und Silberchlorid, beschriftete jedoch dann einen richtungsweisenden Weg, indem er das Papier mit Kochsalzlösung tränkte und nachher in Silbernitratlösung badete, sodaß der lichtempfindliche Silbersalzniederschlag direkt im Papierfilz entstand. Talbot verwendete auch schon Silberbromid. Als er 1839 von Daguerres Erfolg hörte, trat er hervor. Der große Wurf gelang ihm aber erst 1840, als er die Entwicklung seiner Papiernegative mit

Gallussäure entdeckte. Er erhielt jetzt gute Negative bei kurzer Belichtungszeit. Wahrscheinlich auf Rat *Herschels* wurden diese Papiernegative mit Wachs durchscheinend gemacht und kopiert. *Talbot* gilt daher als Erfinder des Negativ-Positiv-Verfahrens. Die *Daguerreotypie* dagegen lieferte direkt ein Positiv, allerdings als Unikat und seitenverkehrt. An *Talbots* Verfahren, *Kalotypie* genannt, und an den Namen des englischen Malers *Hill* knüpfen sich die wunderbaren Leistungen früher Porträtkunst.

Der größte Nachteil der *Kalotypie*, die mitkopierende Papierstruktur, wurde 1847 behoben, als es *Niepce de St. Viktor* (1805—1870, einem Vetter von *Nicephore Niepce*), gelang, eine lichtempfindliche Schicht haltbar auf Glas aufzubringen. Als Bindemittel für die Silbersalze verwendete er Hühnereiweiß (Albuminplatten). Dieses Verfahren wurde aber schon bald durch den zuerst von dem Engländer *Archer* 1851 angegebenen nassen Kollodiumprozeß verdrängt. Dieser beherrschte dann 30 Jahre lang die *Photographie* und wird auch heute noch in der Reproduktionsphotographie gebraucht, da er fabelhaft feines Korn liefert. Die Ausführung des Verfahrens ist allerdings recht umständlich.

Es muß ein mit Jod- und Bromsalzen versetztes Kollodium gleichmäßig auf Glas gegossen werden, die so präparierte Platte in Silbernitratlösung

gebadet und in noch nassem Zustand belichtet werden. Anschließend muß sofort entwickelt werden. Über die Priorität der Erfindung des nassen Kollodiumverfahrens entspann sich übrigens später einer, der in der Geschichte der Photographie so häufigen leidigen Prioritätsstreitigkeiten zwischen Archer und dem Franzosen le Gray.

Wenn man nun die Geschichte der Mikrophotographie selbst betrachtet und die Entwicklung bis zum heutigen Tag überblickt, kann man drei große Abschnitte unterscheiden. Diese gehen selbstverständlich vielfach ineinander über, sind jedoch nicht nur in apparativer Hinsicht gekennzeichnet, sondern fallen auch mit Epochen photochemischer Entwicklung zusammen.

Der erste Abschnitt reicht bis in die achtziger Jahre des vorigen Jhd. Man versucht handliche Vorrichtungen zu konstruieren und schwankt zwischen Horizontal- und Vertikalkammern. Von den drei Grundformen der mikrophotographischen Kamera entwickeln sich in dieser Zeit zwei. Nämlich 1. die Kamera, die unabhängig vom Mikroskop aufgestellt ist mit den beiden Varianten der Horizontal- und Vertikalkamera und 2. die Aufsetzkamera, die so klein und leicht ist, daß sie dem Mikroskop direkt aufsitzen kann. Das einfache Mikroskop, besser gesagt, die einstufige Abbildung wird durchaus bevorzugt. Wegen der geringen Empfindlichkeit der photographischen Verfahren

wird als Lichtquelle meist Sonnenlicht benutzt. Das macht aber die Forscher nicht nur vom Wetter abhängig, sondern bedingt auch die Benutzung komplizierter Heliostaten. Nach der Daguerreotypie steht den Mikrophotographen des ersten Abschnitts das nasse Kollodiumverfahren zur Verfügung. Dieses ist wegen seines feinen Kornes für die Mikrophotographie zwar sehr geeignet, aber schwer zu handhaben. So ist es erklärlich, daß sich in dieser Zeit nicht allzuvielen Mikroskopiker mit der Mikrophotographie abgaben, obwohl die vorliegenden Bilder aus jener Zeit, noch heute unsere Bewunderung erregen.

Selbstverständlich versuchte man sofort nach Veröffentlichung der Daguerreotypie mikroskopische Bilder zu photographieren. Auf diese Möglichkeit hatte ja auch der Chemiker *A r a g o* bei seiner Rede anlässlich der Bekanntmachung der Daguerreotypie im August 1839 hingewiesen. Vielleicht als erster hat der französische Arzt *D o n n é* im Oktober 1839 Mikrophotographien verfertigt, die er der französischen Akademie vorlegte. Es soll sich dabei um Photogramme eines Fliegenauges gehandelt haben. 1840 legte *D o n n é* weitere Photos vor, die histologische Präparate betrafen. Er benützte ein einfaches Mikroskop von *C h e v a l i e r* und projizierte die aus dem Mikroskop austretenden Strahlen in eine gewöhnliche Kamera. Als Lichtquelle benützte er Sonnenlicht.

Fast zugleich verfertigte in Wien der Professor der Anatomie an der Universität, Berres Mikrophotogramme. Er war auch wohl der erste, welcher Kunstlicht verwendete und zwar benützte er das Drummondsche Kalklicht. Im Jahre 1845 gab Donné mit dem Physiker Foucault (bekannt durch den Pendelversuch und Bestimmungen der Lichtgeschwindigkeit) einen Atlas der mikroskopischen Anatomie heraus, der zahlreiche, nach Daguerreotypien gestochene Bilder enthielt.

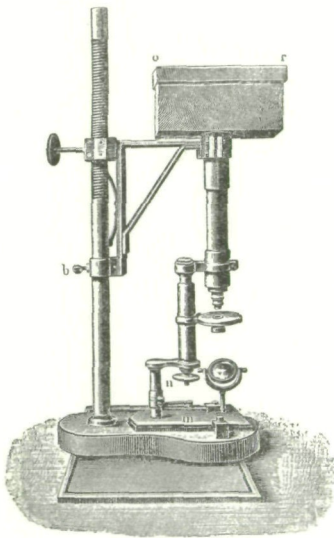


Abb. 2. Mayers Photomikroskop.

1844 konstruierte der Apotheker Mayer in Frankfurt sein richtungweisendes Photomikroskop (Abb. 2). Diese Konstruktion stellt den Urtyp der vertikalen Kamera dar. Das Mikroskop steht auf einer schweren eisernen Platte. Über diesem hängt, getragen durch ein Gestell, die Kamera. Diese ist durch Trieb in der Höhe verstellbar, so daß verschieden starke Vergrößerungen erreicht werden können. Mit diesem Gerät stellte Mayer später (1860) seine berühmten Aufnahmen (besonders von *Pleurosigma angulatum* und *attenuatum*) her.

Nach 1850 tauchen die ersten Horizontalkammern auf, die später so große Verbreitung erlangten. Eines der ersten derartigen Geräte stammt von dem Franzosenen Bertsch. Es war ein einfaches, in einem Fenster befestigtes Sonnenmikroskop, dessen Bild irgendwo im Zimmer aufgefangen wurde (Abb. 3). Woodward, ein amerikanischer Mikrophotograph hatte sich in ähnlicher Weise ein ganzes Zimmer eingerichtet, wo auf einer Schiene ein fahrbarer Kamerahalter montiert war (Abb. 4). Die Horizontalkammern, die später die Mikrophotographie in eine arge Sackgasse führten, waren zunächst aus guten Gründen gebaut worden. Die vertikale Lage der Platte verhinderte beim nassen Kollodiumverfahren das Ansammeln von Tropfen, die späteren Geräte mit ihren riesigen Bälgen wieder ermög-

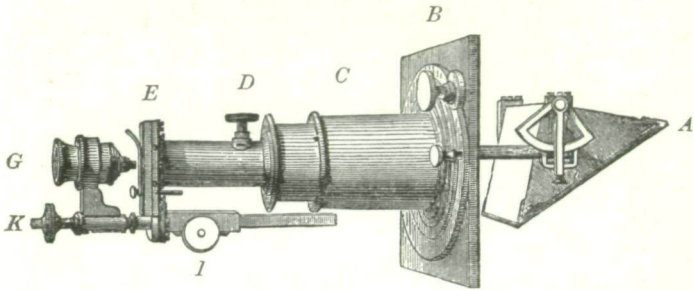


Abb. 3. Horizontalkammer von Bertsch, Rechts (A) der Heliostat, links Trieb (K), und Optik (G).

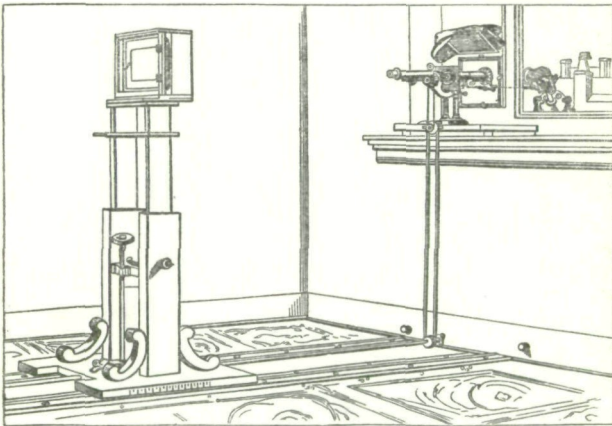


Abb. A. Mikrophotographisches Zimmer von Woodward. Außerhalb des Fensters der Heliostat, am Fuß des Kamerahalters die Ferneinstellschraube für die Optik.

lichten ein ungehemmtes Austoben der Mikrographen bei ihren Bestrebungen nach immer weiter gesteigerten Vergrößerungen.

Die Daguerreotypie war ein für die Mikrophotographie nur sehr beschränkt geeignetes Verfahren. Die mangelnde Möglichkeit der Vervielfältigung wog dabei schwerer als die Seitenverkehrtheit. Die mitkopierende Papierstruktur der Kalotyp-Negative war für Mikrophotographien besonders nachteilig. So mehrte sich die Zahl der Mikrographen erst nach der Einführung des nassen Kollodiumverfahrens.

Besonders in England, Amerika und Frankreich sind hier in der Zeit von 1853—1857 Namen wie R o o d, W e n h a m, S h a d b o l t, H o d g s o n, W o o d w a r d und N a c h e t zu nennen. 1857 legten in Wien P o h l und W e s e l s k y der Akademie Mikrophotographien vor, darunter auch solche, die im polarisierten Licht aufgenommen worden waren. Sie verwendeten, sehr im Gegensatz zu den meisten anderen Mikrographen, ein zusammengesetztes Mikroskop von P l ö s s l. Ihr Gerät (Abb. 5) beansprucht einiges Interesse. Es ist eine Kombination von vertikal stehendem Mikroskop und horizontaler Kamera. Ein Nachteil ist der Lichtverlust durch das Umlenkprisma, doch wird eine ausgezeichnete Trennung von Mikroskop und Kamera erreicht. Auf diese Trennung wurde lange Zeit besonderer Wert gelegt, weil dadurch ver-

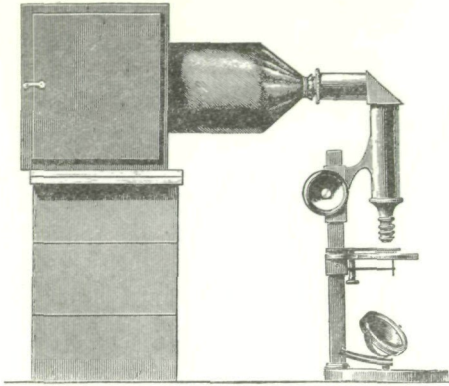


Abb. 5. Mikrophotographische Einrichtung von Pohl und Weselsky.

hindert wurde, daß sich beim Einlegen der Kassette in die Kamera Erschütterungen auf das Mikroskop übertragen und so die Einstellung verändern. Im Prinzip gleiche Geräte wie das von Pohl und Weselsky, nur mit ausziehbaren Bälgen statt des fixen Kastens, wurde später immer wieder konstruiert. Um 1860 war die Mikrophotographie trotz der vielfältigen Versuche eine recht wenig geübte Disziplin. So darf als eigentlicher Vater der Mikrophotographie — besonders im deutschen Sprachraum — Gerlach gelten. Er verfaßte ein 1863 erschienenenes erstes Lehrbuch und propagiert darin eifrig die Einführung der Photographie in die mikroskopische Technik. Gerlach

arbeitete mit Objektiven von Schieck und Oberhäuser, sein Apparat (Abb. 6) ist gegenüber dem Gerät M a y e r s aber ein Rückschritt. Für das kleine Mikroskop war die Belastung durch den riesigen Tubus wohl zu stark. Da Gerlach ohne Okular arbeitete, entstanden nur sehr kleine Bilder, sodaß die Notwendigkeit eines so großen Aufbaues nicht recht ersichtlich ist. Das Gerät ist aber deswegen bemerkenswert, weil es die erste

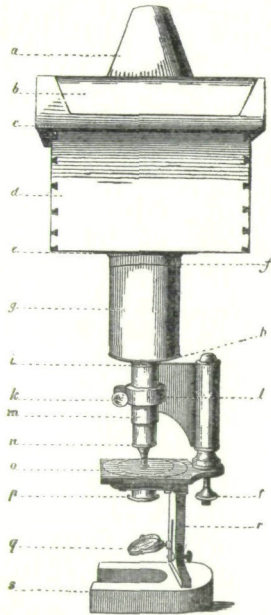


Abb. 6. Aufsetzkammer von Gerlach.

mikrophotographische Einrichtung darstellt, wo Mikroskop und Kamera fest verbunden sind. Gerlachs Apparat stellt also die Ur-Aufsetzkamera dar. In Gerlachs Buch ist auch ein Apparat für schwache Vergrößerungen angegeben. Dieses mit einem Busch-Objektiv von 11 cm Brennweite bestückte Gerät ist die Urform der modernen Makrogeräte (Abb. 7). Gerlach gibt seinem Buche mehrere Abbildungen bei, die in Anbetracht der primitiven Hilfsmittel als sehr gut gelungen

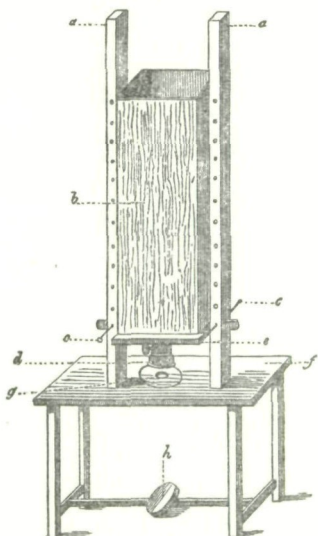


Abb. 7. Apparat für Aufnahmen bei schwacher Vergrößerung (Makroeinrichtung) von Gerlach.

zu betrachten sind. Sie sind sämtlich auf Albumin-papier kopiert und eingeklebt. Dieses Illustrations-verfahren wurde noch längere Zeit angewendet, da man zu dieser Zeit noch keine Druckklischees an-fertigen konnte. Gerlach wendet ein eigen-artiges Vergrößerungsverfahren an. Er stellte nämlich von seinen Negativen neuerlich Mikro-photographien her und kam so zu hohen Abbil-dungsmaßstäben. Das feine Korn des nassen Kollo-diumverfahrens erlaubte dieses Verfahren, solange es in gewissen Grenzen gehandhabt wurde. In einem 1868 erschienenen Lehrbuch von Reichardt und Stürenburg wird diese Methode durch mehrmalige Anwendung aber ins Extreme getrie-ben. Eine primär in einem Abbildungsmaßstab von 175:1 aufgenommene Schale von Pleurosigma wird so auf einen Maßstab von 8750:1 gebracht. Man sieht, daß der Begriff der förderlichen Vergröße-rung damals durchaus unbekannt war. Das Buch erlangte aber keine besondere Bedeutung, vor allem, weil im selben Jahr die Beneck'sche deutsche Bearbeitung des Lehrbuches der Mikro-photographie von Moitesier erschien. Dieses Werk ist ein wirklicher Markstein, klar und in-struktiv geschrieben, noch heute lesenswert und überhaupt ein Vorbild für die Bewältigung des Stoffes. Das Buch enthält eine eingehende Über-sicht über die verfügbaren Apparate und Licht-quellen, neben der Sonne, Gas, Petroleum, Drum-

mondsches Kalklicht, Magnesiumlicht und elektrisches Bogenlicht. Die photographischen Methoden, besonders das nasse Kollodiumverfahren, werden genau besprochen und viele praktische Hinweise gegeben. Die auf zwei Tafeln beigegebenen Bilder, alles wieder Albuminkopien, sind durchweg ausgezeichnet. Interessant ist die Beschreibung von **B e n e c k e s** mikrophotographischem Laboratorium, einem drehbaren, kleinen Häuschen, welches neben einer Dunkelkammer einen Raum mit einer Kuppel enthält, wo die große Kamera wie ein Fernrohr der Sonne nachgeführt werden konnte. Wohl zum guten Teil auch durch den Einfluß des Buches von **Moitessier** beschäftigte man sich nach 1870 nun mehr mit der Mikrophotographie ohne daß allerdings die Leistungen besonders zugenommen hätten. Am Ende unseres ersten Abschnitts der Entwicklung der Mikrophotographie steht jedoch eine Leistung, die gleichermaßen Krönung des bisher erreichten, wie Verpflichtung für die folgende, mit enorm verbesserten Hilfsmitteln ausgestattete Epoche bedeutet. Im Jahre 1877 erschienen nämlich in **Cohns** Beiträgen zur Biologie der Pflanzen **Robert Kochs** Bakterienmikrophotogramme, welche ungeheures Aufsehen erregten. Den Erfolg, den **Koch** mit der Mikrophotographie an so schwierigen Objekten wie Bakterien erzielte, überzeugte alle. Die Albuminpapierkopien sind in **Kochs** Arbeit vom Lichtdruck abgelöst, der hier

seine ersten großen Erfolge erntet. Der von Koch verwendete Apparat war eine nach Ideen von Fritsch von Seibert gebaute Horizontalkamera (Abb. 8). Er verwendete noch Sonnenlicht und mit Objektiven von Seibert, darunter Imersionsobjektiven, das einfache Mikroskop und das nasse Kollodiumverfahren. Kochs Beispiel wirkte ungemein anfeuernd und in der Folgezeit führte sich bis zur Jahrhundertwende die Mikrophotographie überall ein. Die Horizontalkamera von Koch war übrigens das Vorbild für die später so weitverbreitete große Kamera von Zeiss, mit deren Erscheinen im Jahre 1888 der erste Abschnitt der Entwicklung der Mikrophotographie endgültig schließt (Abb. 9).

Der zweite Abschnitt der Geschichte der Mikrophotographie ist in den Zeitraum von den achtziger Jahren des 19. Jhd. bis etwa 1935 zu legen. Er beginnt auf optischem Gebiet mit der größten Umwälzung überhaupt, die die Geschichte des Lichtmikroskops kennt, nämlich mit den seit 1869 von Abbe bei Zeiss geleisteten Arbeiten, die zur Einführung des Verfahrens der vollständigen theoretischen Vorausbestimmung aller optischen Konstruktionselemente des Mikroskops führten. Für die Photooptik hatte diese Arbeit schon Petzval in Wien geleistet, der 1840 sein berühmtes Porträtobjektiv 1:3.7 berechnete. Dieses dann von Voigtländer gefertigte Objektiv

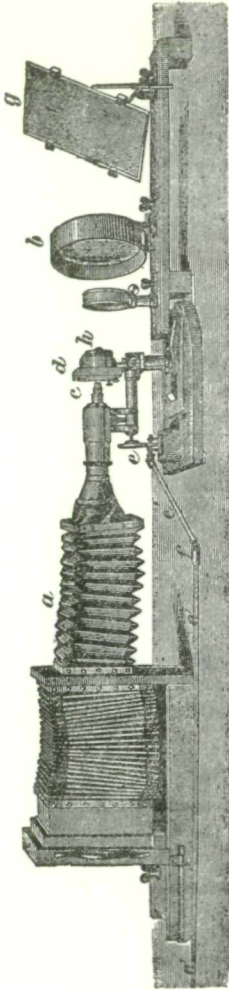


Abb. 8. Horizontalkamera von Robert Koch. Neben der Kamera erkennt man das Gestänge zur Fernbedienung der Mikrometerschraube des Mikroskops, welches wegen der starken verwendeten Auszüge nötig war (vgl. auch Abb. 9!).

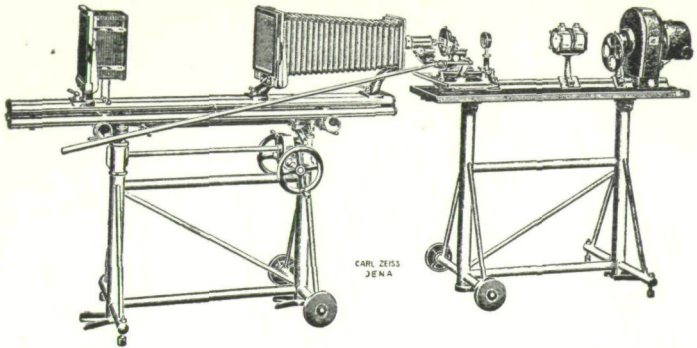


Abb. 9. Große Zeiss'sche Horizontalkamera. Mikroskop mit Beleuchtungseinrichtung und Kamera auf getrennten Tischen.

übertraf die lichtschwachen Chevalier-Linsen (1:14), die in den Daguerreotyp-Kameras eingebaut waren, um bedeutendes. Weitere Früchte des Schaffens von Abbe bei Zeiss waren u. a. die Einführung der homogenen Immersion im Jahre 1878 und nachdem in Zusammenarbeit mit Schott neue Glassorten erschmolzen worden waren, die Konstruktion von Apochromaten, die 1886 auf den Markt kamen.

Neben Zeiss treten um diese Zeit zwei weitere Namen auf den Plan, die nach und nach die alten Betriebe ablösten und heute zu den führenden Mikroskopfabriken der Welt zählen, nämlich Reichert und Leitz. Carl Reichert (1851—1922) gründete seine Werkstätte in Wien

im Jahre 1876 und setzte hier die von Plössl begründete große Tradition im Mikroskopbau fort. Ernst Leitz d. Ä. (1843—1920) übernahm die von Kellner in Wetzlar gegründete Werkstätte und baute sie in kurzer Zeit zu einer der ersten Mikroskopfabriken aus. Unter der Leitung seines Sohnes Ernst Leitz d. J. (1871—1956) wurde die Produktion der von Barnack konstruierten Kleinbildkamera Leica aufgenommen. Der ungeheure Erfolg dieser Kamera gab dem Kleinbild jenen Auftrieb und jene Entwicklungspotenz, die in der Mikrophotographie heute so reiche Früchte trägt.

Was die Entwicklung der mikrophotographischen Geräte betrifft, schieben sich nach dem Erscheinen der großen Zeiss-Horizontalkamera ähnliche Apparate sehr in den Vordergrund. Ähnliche Universalgeräte werden bald von allen Firmen gefertigt. Sie sind meist sowohl horizontal als auch vertikal verwendbar, vielfach auch als Makrogerät und als Projektionsapparat. Praktisch waren diese Geräte aber nicht. Bei den langen Auszügen dieser Apparate kam man immer in Gefahr, die Grenze der förderlichen Vergrößerung zu überschreiten. Um nicht allzukleine Bildfelder zu erhalten, mußte man mit großen Plattenformaten arbeiten, was unhandlich und teuer war. So bürgerten sich nach 1920 die im Prinzip ja schon seit Gerlach bekannten Aufsetzkameras wieder ein, diesmal

aber mit Vorrichtungen, die ein gleichzeitiges Beobachten und Photographieren des Objektes gestatten. Diese Konstruktionsidee war übrigens schon 1869 von B o u m a n s mittels eines halbversilberten Spiegels in die Tat umgesetzt worden. Ein erstes grundlegendes Gerät dieser Art war das Phoku (photographisches Okular) von Z e i s s (Abb. 10). Das Phoku, welches 1922 erschien, hatte das für die damalige Zeit sensationell kleine Plattenformat 4.5 mal 6 cm. Das forderte zwar Vergrößerung, brachte aber als großen Vorteil Billigkeit und kurze Belichtungszeiten. Die in der Folgezeit von allen Firmen in ähnlicher Form gebauten Geräte sicherten der Mikrophotographie erst wirklich eine umfassende Verbreitung. Das Verlangen der Mikroskopiker jederzeit und ohne umständliche Manipulationen während der Arbeit photographieren zu können, führte dann mit zu den grundlegenden Neukonstruktionen des letzten Abschnitts der Entwicklung der Mikrophotographie.

Seit dem Anfang unseres Jahrhunderts wurde auch die Beleuchtungsfrage in der Mikrophotographie fast vollkommen gelöst. Die alten, umständlich zu handhabenden Lichtquellen wie Sonnenlicht, Gäs-, Petroleum- oder Magnesiumlicht wurden abgelöst durch Nernstlampen, Handbogen- und Punktlichtlampen. Doch auch diese Lichtquellen verloren ihre Bedeutung als ab etwa 1925 die sogenannten Niedervoltlampen auf den Markt

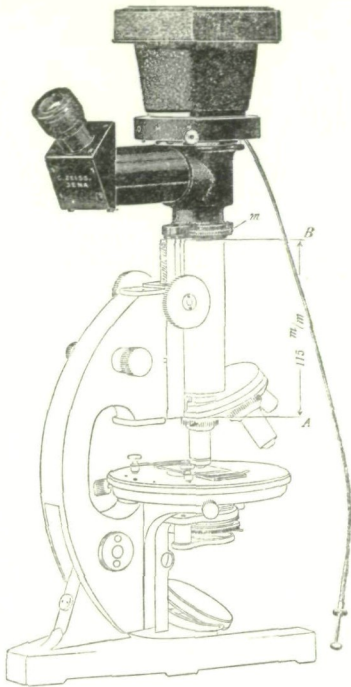


Abb. 10. Aufsetzkamera „Phoku“ von Zeiss.

kamen, welche heute die weiteste Verbreitung besitzen.

Am Beginn des zweiten Abschnitts der Geschichte der Mikrophotographie, also etwa um 1880, liegen auch große Umwälzungen auf dem Gebiet der Photochemie, deren Auswirkungen nicht weniger zur Verbreitung der Mikrophotographie

beitragen, als die apparativen Verbesserungen. Die umständliche Handhabung des nassen Kollodiumverfahrens war einer weiten Verbreitung der Photographie sehr abträglich. Es waren daher schon früh Versuche unternommen worden, Trockenplatten herzustellen. Die Albuminplatten von Niepce de St. Viktor waren äußerst wenig empfindlich, ein Nachteil, den auch Kollodiumplatten zeigten, die man in trockenem Zustand zu verwenden versuchte. Es bedurfte vieler Versuche und der Überwindung vieler Irrwege, bis man endgültig zur Gelatine als brauchbarstem Bindemittel für die lichtempfindlichen Silbersalze fand. Notwendig war weiter die Erkenntnis, daß als lichtempfindliches Silbersalz Bromsilber zu verwenden sei und weiters die Einführung alkalischer Entwickler, also der chemischen Entwicklung anstatt der physikalischen. Die erste brauchbare Bromsilbergelatine-Emulsion gab erst 1871 der englische Arzt Maddox an, doch dauerte es auch dann noch geraume Zeit, bis genügend empfindliche Gelatine-Trockenplatten in größerer Menge erzeugt wurden und zu kaufen waren. Ab 1880 setzten sich die Bromsilbergelatine-Trockenplatten aber allgemein durch. Die Entwicklung des Verfahrens zum heutigen vollkommenen Stand erforderte aber noch langwierige Arbeit. Besonders wichtig war die Entdeckung der Reifung der Bromsilbergelatine durch Bennett im Jahre

1878. Dadurch wurde überhaupt erst die Empfindlichkeit des Kollodiumverfahrens erreicht. Der Engländer Berkeley führte das heute allgemein gebrauchte Natriumsulfit in die Entwickler-technik ein, Abney erkannte das Hydrochinon als Entwicklersubstanz, Andresen das p-Phenylendiamin und das Rodinal. Andresen führte durch seine Arbeiten die Agfa überhaupt erst auf photochemisches Gebiet. Als einer der Mitbegründer der modernen Photographie darf auch der Österreicher Eder gelten. Er lebte von 1856—1944, war Professor an der technischen Hochschule in Wien und der erste Direktor der graphischen Lehr- und Versuchsanstalt. Hier interessiert er auch als Verfasser der monumentalen zweibändigen „Geschichte der Photographie“. Die Entdeckung der optischen Sensibilisation durch den deutschen Chemiker Vogel im Jahre 1873 machte es möglich, die Platten auch für andere Farben als blau und violett empfindlich zu machen. Als einer der wichtigsten Männer dieser Zeit darf der Amerikaner George Eastman gelten. Er hat mit seinen mit Film geladenen „Kodaks“, die er ab 1888 in den Handel brachte, die Amateurphotographie im eigentlichen Sinn erfunden. Damit hat er die Basis für die enorme Entwicklung der Photoindustrie geschaffen, die — von dem Heer der unbekanntenen Amateure getragen und finanziert — der Wissenschaft so zugute kam.

Eastman machte seine Firma, die Eastman-Kodak Co. zum größten Photokonzern der Welt und gründete auch ein großes Forschungslaboratorium in Rochester, aus dem wichtige photochemische Arbeiten hervorgingen.

Die Entwicklung der schwarz-weiß Emulsion war um 1930 ziemlich zum Stillstand gekommen. Man konnte die Empfindlichkeit nicht weiter steigern, ohne daß das Korn der Filme unerträglich wurde und andererseits die vorliegenden Materialien nicht feinkörniger machen. Der Fortschritt, der schließlich erreicht wurde, ist untrennbar mit der Agfa verbunden und gehört in den letzten Abschnitt der vorliegenden historischen Übersicht.

Nach Versuchen verschiedenster Art gelang es 1936 dem Agfa-Chemiker K o s l o w s k y durch Einbau von komplexen Goldsalzen — etwa vom Typ $\text{NH}_4 \text{Au} (\text{SCN})_2$ — in das Gitter des Halogensilberkorns, die beim Reifen der Emulsionen unausbleibliche Kornvergrößerung weitgehend hintanzuhalten. Dieser Goldeffekt sicherte der Agfa vor dem Krieg einen weiten Vorsprung. Jetzt wird er allgemein angewendet. Als Endprodukte dieser Entwicklung halten wir heute die hochauflösenden ultrafeinkörnigen Dünnschichtfilme — etwa vom Typ Adox KB14 und KB17 — in Händen, ohne die die gegenwärtige Kleinbildphotographie des Wissenschaftlers und Amateurs nicht denkbar ist.

Der Beginn des letzten Abschnitts unserer Ge-

schichte ist auch gekennzeichnet durch die Erfüllung eines alten Wunsches aller Photographen. 1935/36 kamen nämlich durch die Firmen Kodak und Agfa erstmals einfache, leistungsfähige und empfindliche Farbenfilme auf den Markt. Kodak brachte das auf Arbeiten von Mannes und Godowsky fußende Kodachromverfahren, Agfa den Agfacolorfilm. Beides sind subtraktive Verfahren. Es werden also gleichzeitig oder nacheinander drei verschieden gefärbte Teilbilder entwickelt, die übereinanderliegen und in der Durchsicht ein farbentreues Bild ergeben. Die Entwicklung dieser Verfahren, welche die alten, wenig leistungsfähigen und umständlichen additiven Kornrastersysteme von Lumiere und Agfa ablösen, fußen auf Vorarbeiten von Rudolf Fischer aus dem Jahre 1909. Fischer fand, daß Entwickler aus der Phenylendiamingruppe bei der Reduktion von Silberbromid mit gewissen organischen Stoffen, wie α -Naphtol oder Acetessigestern zu unlöslichen Farbstoffen kuppeln. Es gelang aber lange nicht, diese Farbkuppler diffusionsecht zu machen, also sie in bestimmten Schichten festzuhalten. Die endgültige Lösung dieses Problems gelang nach langen und kostspieligen Experimenten bei der Agfa, Gustav Wilmanns mit seinen Mitarbeitern. Die überwiegende Mehrzahl der modernen Farbfilmverfahren beruht auf dem Agfa-Prinzip.

Der Beginn des letzten Abschnitts unserer Entwicklungsgeschichte ist nun nicht nur durch wichtige photochemische Fortschritte gekennzeichnet, sondern es erfahren auch Apparaturen und Methoden der Mikrophotographie weitgehende Umgestaltungen. Es wurde schon erwähnt, daß sich vor etwa 35 Jahren die Aufsetzkameras gegenüber den großen, unhandlichen Universalgeräten durchzusetzen begannen. Damit wurde das Aufnahmeformat kleiner, die Belichtungszeiten kürzer, das Arbeiten bequemer und billiger. Der große Erfolg der Leica, der die Kleinbildphotographie in den dreißiger Jahren zum Durchbruch brachte, beeinflusste auch die Mikrophotographie. Am Beginn des 2. Weltkrieges waren Kleinbildkammern schon weit verbreitet. Zwischen 1930 und 1940 vollzog sich auch eine Revolution im Bau der Mikroskopstative. Gestützt auf die Fortschritte der Lichtquellentechnik begann man die Beleuchtungseinrichtung in das Mikroskop einzubauen. Hand in Hand damit erfolgte eine Abkehr vom klassischen Hufeisenstativ. Das Lumipan von Zeiss (1936) und das Ortholux von Leitz (1937) sind Beispiele und Marksteine dieser Entwicklung. Das Zetopan (Abb. 11) von Reichert — nach dem Krieg in den Handel gekommen — bezeichnet, was Arbeitskomfort und Vielseitigkeit betrifft, auf diesem Gebiet einen Höhepunkt. Diese großen Forschungsmikroskope sind für alle Methoden der

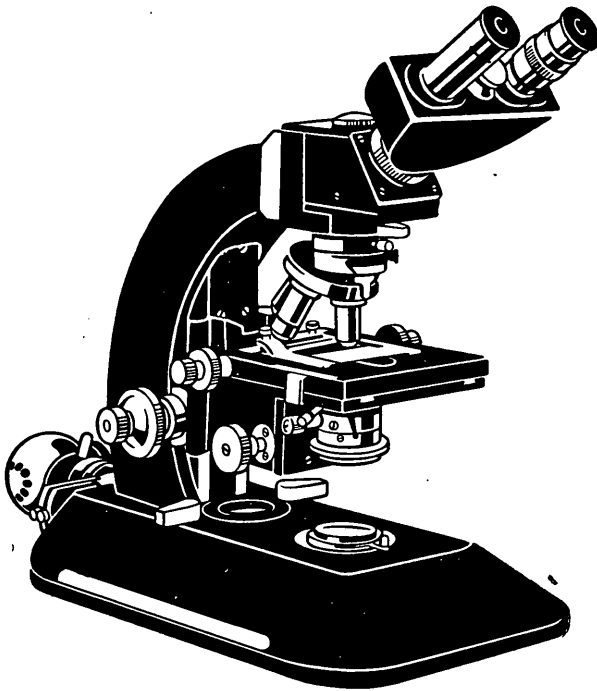


Abb. 11. Großes Forschungsmikroskop „Zetopan“ von Reichert.

Lichtmikroskopie ausbaubar und sind jederzeit photobereit. Die Kamera kann immer am Gerät bleiben, ein einziger Griff genügt, um von visueller Beobachtung auf Photographie umzuschalten. Die eingebaute Beleuchtung mit ihrem exakten Strahlengang erlaubt ein schnelles und genaues Ein-

stellen der für die Mikrophotographie unbedingt nötigen, aber auch für visuelles Arbeiten dringend zu empfehlenden Köhlerschen Beleuchtungsanordnung.

Die Verbesserungen an Stativen und Beleuchtungseinrichtungen kamen auch zurecht zum größten Fortschritt auf dem Gebiet der Lichtmikroskopie seit A b b e, nämlich zur allgemeinen Einführung des Phasenkontrastverfahrens nach dem Ende des Weltkriegs. Die Entwicklung der Glastechnik und verbesserte Rechenmethoden ermöglichten seit etwa 1940 die Herstellung von Planobjektiven, deren vorzüglich geebnetes Bild eine neue Ära der Mikrophotographie einleitete. Bahnbrechend war hier Zeiss.

Seit 1945 führten und führen sich auch neue Lichtquellen in größerem Umfang — neben den Niedervoltlampen — in Mikroskopie und Mikrophotographie ein. So z. B. die Quecksilberhöchst-
drucklampen, die Fluoreszenzmikroskopie und -photographie so förderten oder die starken Zirkon- und Xenonlampen mit ihrem tageslichtähnlichen Licht. Der Elektronenblitz — vor etwa 20 Jahren in Amerika entwickelt — mit seinen extrem kurzen Leuchtzeiten, die geeignete Lichtquelle für die Photographie schnell bewegter Objekte, beginnt sich in unseren Tagen zunehmend in die Mikrophotographie einzuführen.

Moderne Forschungsmikroskope wie Zetopan,

Standard WL oder Ortholux sind, wie erwähnt, jederzeit photobereit. Die Kamera sitzt an ihnen als Aufsetzkammer. Die starke Verbreitung der Mikrophotographie, das Bestreben, ein rasches Arbeiten zu ermöglichen und vielleicht auch jenes die Mikrophotographie auch technisch weniger

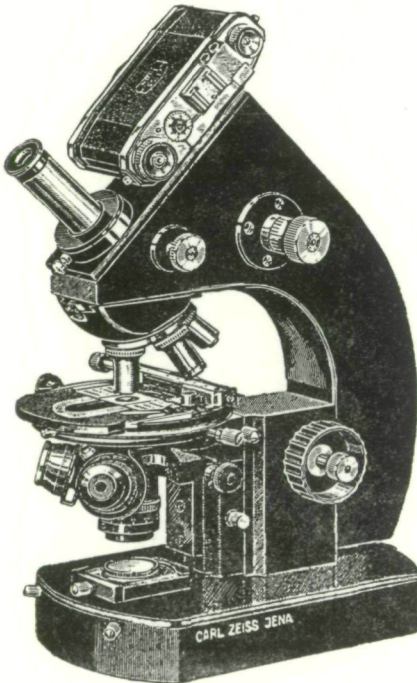


Abb. 12. Erstes Zeiss'sches Photomikroskop von Michel.

begabten Forschern zugänglich zu machen, führte schließlich zur Entwicklung eines neuartigen Typs — des dritten — mikrographischer Geräte, nämlich der Kameramikroskope und Photomikroskope. Bei diesen Geräten ist Kamera und Mikroskop zu einer festen Einheit verbunden. Natürlich sind diese aufwendigen Geräte ebenfalls in vielseitiger Hinsicht ausbaubar.

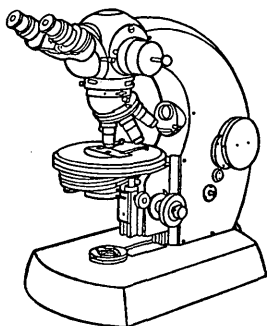


Abb. 13. Neues Photomikroskop von Zeiss.

Die Kameramikroskope führten sich schon vor dem Weltkrieg ein mit dem Panphot von Leitz 1933 und dem Ultraphot von Zeiss 1936. Sie sind im wesentlichen für großformatige Aufnahmen gedacht. Die bei Zeiss entwickelten Photomikroskope sind dagegen von vornherein für Kleinbild konstruiert. Ein Prototyp wurde noch im Kriege bei Zeiss von Kurt Michel entwickelt und basierte

auf dem Lumipanstativ (Abb. 12). Dieses Gerät kam aber nicht in den Handel. Das neue Photomikroskop hat die Form der modernen Forschungsmikroskope, die Kamera ist ganz in das Stativ eingebaut (Abb. 13). Außerdem besitzt dieses

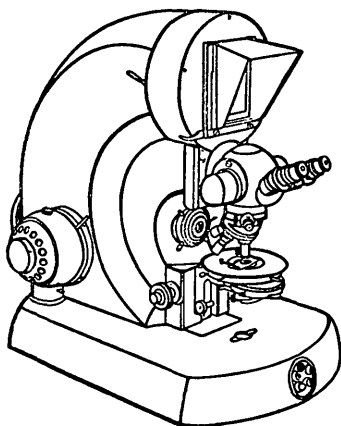


Abb. 14. Photographisches Mikroskop „Ultraphot II“ von Zeiss für größere Aufnahmeformate („Kameramikroskop“).

Gerät eine Belichtungsautomatik, sodaß zur Aufnahme nach Einstellung des Bildes nur ein Knopf gedrückt zu werden braucht. Für großformatige Aufnahmen hat Zeiss im Ultraphot II ein dem Photomikroskop äußerlich etwas ähnliches Gerät geschaffen, ebenfalls mit Belichtungsautomatik, aber im Inneren mit einem Spiegelwagen, der eine

kontinuierliche Veränderung des Abbildungsmaßstabes erlaubt (Abb. 14). Diese Geräte ermöglichen photographisches protokollieren oder Serienkontrollen in schnellster und bequemster Weise, besitzen aber leider auch den Nachteil eines enormen Preises.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [101](#)

Autor(en)/Author(s): Url Walter Gustav

Artikel/Article: [Makro- und Mikrophotographie in Vergangenheit und Gegenwart. 43-84](#)