



Dieter Gerlach: *Geschichte der Mikroskopie*. Verlag Harri Deutsch 2009

Gestaltung und Satz des Innenteils

Format 21 cm × 29 cm, gebunden, Innenteil: 1/1-farbig Schwarz, Bezug: 2/0-farbig Schwarz & HKS 16

Dieter Gerlach

Geschichte der Mikroskopie

Verlag
Harri
Deutsch



Dr. Dieter Geflach war akademischer Direktor am Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie der Universität Erlangen-Nürnberg, Arbeitsgebiet Lichtmikroskopie.
Er ist Autor zahlreicher Publikationen auf dem Gebiet der Mikroskopie und Pflanzenanatomie.

Verlag Harri Deutsch
Grästraße 47
60486 Frankfurt am Main
Fax (069) 72 01 58 69
E-Mail: verlag@harri-deutsch.de
<http://www.harri-deutsch.de>

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliographische Informationen sind im Internet über <http://dnb.dfb.de/> abrufbar.

ISBN 978-3-8171-1781-9

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches – oder von Teilen daraus –, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

1. Auflage 2009
© Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main, 2009
Lektorat und Herstellung: Birgit Cirksema
Umschlaggestaltung: Claudia Holz
Druck: fgb • Freiburger graphische Betriebe <www.fgb.de>
Printed in Germany

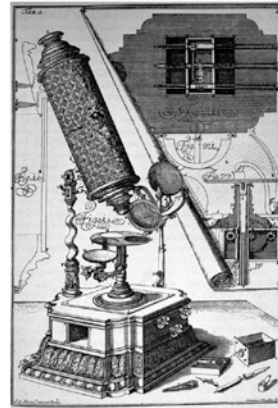
Inhalt

Die Optik in der Antike und im Mittelalter sowie die Anfänge der Mikroskopie im 17. Jahrhundert	3
Zusammenfassung	3
Die Optik in der Antike	4
Lesesteine und Brillen	6
Glasmacheri	8
Die ersten Brillen	11
Die ersten Zerstreuungslinsen	13
Anfänge der Feinmechanik	13
Mikroskope – optische Grundlagen	13
Die verschiedenen Arten von Mikroskopen	14
Einfache Mikroskope	14
Bildmikroskope	14
Zusammengesetzte Mikroskope	15
Polydynamische Mikroskope	15
Spiegelmikroskope	15
Erste Versuche mit Linsen	15
Die ersten Fernrohre	16
Galileo Galilei	17
Johannes Kepler	19
Keplers Werke über die Optik	19
Die Entdeckung des Brechungsgesetzes	23
Die ersten Mikroskope	24
Der erste Bericht über ein Mikroskop	24
Hans und Zacharias Jansen als die angeblichen Erfinder des Mikroskops	25
Ausbreitung des Mikroskops in Europa	27
Galilei und das Mikroskop	28
Zusammengesetztes Mikroskop von Descartes	30
Die ersten Bücher über mikroskopische Beobachtungen	31
Bezeichnung d. Akademien für d. Mikroskopie	32
Die Bezeichnung Mikroskop	33
Weitere Akademien	34
Robert Hooke und seine Micrographia	34
Hookes Lebenslauf	34
Entstehung der Micrographia	35
Vorwort zur Micrographia	36
Beleuchtungseinrichtung	36
Bestimmung der mikroskopischen Vergrößerung	37
Hookes Mikroskop	38
Hookes mikroskopische Beobachtungen	39
Hookes verbessertes Mikroskop von Cook	41
Microscopium	41
Johannes Hevelius	43
Nehemiah Grew und Marcello Malpighi	43
Literatur	46
Die Weiterentwicklung des Zusammengesetzten Mikroskops und des Aufkommens des Einfachen Mikroskops	51
Zusammenfassung	51
Vergleiche Bemühungen um die Verbesserung der optischen Leistung bei Zusammengesetzten Mikroskopen	52
Eustachio Divini	52
Giuseppe Campani	53
Mikroskope von Galilei	54
Carlo Antonio Tortona	54
Chiruben d'Orleans	55
J. F. Gieserl von Ach et Wandhausen	55
Philipp Rosanti	56
Louis Joblot	59
John Marshall	60
Christian Gottlieb Hertel	61
Hindernisse bei der Ausbreitung der Mikroskopie	62
Physiktheologie und Mikroskopie	63
Vordringen des Einfachen Mikroskops	63
Einfache Mikroskope	64
Glaskugeln als Optik für Einfache Mikroskope	64
Robert Hooke	64
Christian Gottlieb Hertel	65
Butterfield	67
Giovanni Maria della Torre, Anton Berba	67
Dinge, die zur Herstellung sehr kleiner Glaskugeln erforderlich sind	67
Herstellung der Glaskugeln	69
Vergleich der von Hooke und della Torre her- gestellten Glaskugeln	70
Herstellung sehr kurzbreitwertiger Linsen	70
Stativ für die Glaskugeln	71
Bestimmung der Brennweite der Kugeln	71
und Linsen	71
Bestimmung der Vergrößerung	72
Linsen aus Flüssigkeiten	73
Einfaches Mikroskop von Descartes	75
Folghäuser	75
Afhanassian Kirchner	75
Weitere Folghäuser	76
Weitere Einfache Mikroskope	77
Einfaches Mikroskop von Huygens	77
Einfache und Zusammengesetzte Mikroskope im Vergleich	78
Johannes C. Sturm, Johannes Zahn	80
Johann M. Conrad und Johann G. Leutmann	80
Johannes Christophorus Sturm	81
Johannes Zahn	81
Johann Michael Conrad	83
Johann Georg Leutmann	86

Anthony van Leeuwenhoek	87	Die Weiterentwicklung des Status für das Zusammengefasstes Mikroskop im 18. Jahrhundert und die Verbesserung der Optik des Einfachen Mikroskops	139
Optik der Mikroskope	88	Zusammenfassung	139
Leeuwenhoeks Beobachtungen	89	Weiterentwicklung des Zusammengefasstes Mikroskops im 18. Jahrhundert	139
Entwicklung der Instrumente	90	Culpepers Drobenmikroskop	140
Leeuwenhoeks Gäste	92	Säulenstatue von Baker und Cuff	141
Leeuwenhoeks Briefwechsel mit Leibniz	93	Bakers Untersuchungen über die Polypen	144
Leeuwenhoeks Geheimniskrämer	94	Kasternmikroskop	144
Weiterentwicklung des Einfachen Mikroskops	95	Weitere englische Mikroskophersteller	144
Optisches Gewerbe in Augsburg	95	Benjamin Martin	144
Weitere Zirkelmikroskope	96	George Adams d. Ä.	147
Samuel und Johan Joesen Massenbroek	97	Poppenwertschulken von Hill	152
Wilhelm Friedrich Freiherr von Gleichen	100	Claude Simon Passenmant	154
Gewindetubus-Mikroskop	105	Mikroskophersteller im 18. Jahrhundert in Deutschland, Österreich und der Schweiz	157
Johann Nathanael Lieberkühn	107	Bakers Bücher über die Mikroskope in deutscher Übersetzung	158
Präpariermikroskop	108	Georg Friedrich Brande	160
Peter Lymett	108	Zahntrieb nach Zweinbäcker	161
Elliptisches Wassermikroskop	108	Johann Heinrich Tiedemann	161
Bildmikroskop	110	Carl Oechsle	162
Johann Baptista Porta	111	Johann Balhazar Oppelt	162
Laterna magica	111	Nürnbergers Mikroskope	162
Scioptrischer Ball	112	Mikroskope aus Österreich	163
Theodis Balhazar	112	Optische Geräte aus Zürich	164
Bildmikroskop	112	Materialien zum Bau des Mikroskopoptivs	164
Huygens, die Lichtwellen und die Beugung	114	Zubehörteile	165
Licht als Wellenbewegung und Beugungserscheinungen	115	Bücher über Optik und optische Instrumente	166
Frühere Vorstellungen vom Licht als Bewegungsweg	115	Robert Smith	166
Johannes Kepler	115	Joseph Priestley	167
Francesco Maria Grimaldi	115	Derrick	168
Robert Hooke	116	Christian Freiherr von Wolff	168
Huygens und seine Lehre von d. Lichtwellen	116	Verbreiterung der Optik der Einfachen Mikroskope	171
Newtons Korpuskulartheorie	117	Zusammenfassung	171
Zusammengefasstes Mikroskope von Huygens	118	Chromatische und sphärische Aberration	171
Die Dioptra von Huygens	119	Linien von besonderer Form	172
Die Rolle des Mikroskops bei der Klärung wichtiger biologischer Probleme	119	Abgeblendete Linsen	172
Urzeugung	119	Flüssigkeitslinsen und Linsen von Fischtaugen	173
Die Entwicklung eines Embryos: Präformation und Epigenese	121	Feldsteinlinsen	173
Forscherte 122	121	Dubletts und Triplets	174
Weitere Mikroskops des 18. Jahrhunderts	123	Steinbeilische Lupe	175
Cosmas Corral Curo	123	Brückische Lupe	175
August Johann Rosel von Rosenhof	123	Literatur	176
Martin Frobenius Ledermüller	124	Entwicklung der achromatischen Mikroskopoptik	183
Stellstand der Mikroskopie in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts	126	Zusammenfassung	183
Johannes Hedwig	128	Vorzüge des Zusammengefasstes Mikroskops	184
Samuel Gottlieb Hofmann	128	Entstehung der Spektralfarben	185
Georg Prohaska	128	Naturphilosophische Vorstellungen über die Entstehung der Farben	185
Johann Wolfgang von Goethe	128	Willela	185
Literatur	130		

F. Maurolyses, J. Kepler, W. Schickard	185	Die Bedeutung Fraunhofers	224
Francesco Maria Grimaldi	185	Testobjekte	225
Marco Antonia de Dominis	186	Friedrich Adolf Nobert	226
Johannes Marcus Marci von Kremland	186	Johann Samuel Traugott Gehler	228
Isaac Newton und d. chromatische Aberration	186	Literatur	229
Newtons Überlegungen zur Achromasie	187	Mikroskophersteller in Europa nach der Entwicklung des achromatischen Objektivs	233
Das achromatische Fernrohrobjektiv	189	Zusammenfassung	233
David Gregory, Leonhard Euler und Chester Moor Hall	189	Englische Mikroskope und die Mikroskopie in England im 19. Jahrhundert	233
Glauchscherei im 18. Jahrhundert	191	Schädigung der englischen Glasindustrie durch staatliche Maßnahmen	233
John und Peter Dollond	192	Das Mikroskop in Viktorianischen England	234
Nicolaus Pul und Leonhard Eulers achromatische Fernrohrobjektive	195	Andrew Ross	234
Goethe über die Geschichte d. Achromasie	196	Verbesserung der Stativ	235
Achromatische Mikroskopoptik	198	James Smith, Richard und Joseph Beck	236
Nicolaus Pul und das achromatische Mikroskopoptik	198	Powell & Lealand	236
Georg Simon Klügel	200	Watson & Son	238
Die Herstellung achromatischer Mikroskopobjektive wird für unmöglich gehalten	200	Royal Microscopical Society und Quekett	239
Benjamin Martin	201	Microscopical Club	239
Louis Francois Delabarre	201	Mikroskope in England in der Mitte des 19. Jahrhunderts	239
Franz Arpentin	202	Englische Fachbücher über die Mikroskopie	241
Achromasie mit dem Immersionsprinzip	202	John Thomas Quekett	241
Francis Beckenryder	202	William B. Carpenter	241
Jan van Deijl	203	Jabez Hogg	241
Wirkungsweise d. achromatischen Objektive	203	Liesel Smith Beale	242
Chevalier und Seligae	204	Englische Mikroskope und ihre Beurteilung durch deutsche Mikroskopiker	242
J. J. Lister und das applanatische Objektiv	207	Mikroskophersteller auf dem Europäischen Kontinent	243
Giovanni Battista Amici	209	Hersteller in Frankreich	243
Achromatische Objektive	210	Chevalier	243
Halbkugelige Frontlinse	210	Noel von Leewards	245
Einfluss der Deckglassdicke	212	Camille Sébastien Nache	245
Immersionsobjektive	212	Georg Oberhäuser	247
Mikroskopische Untersuchungen von Amici	213	Edmund Harnack	248
Katadioptrische Mikroskope	214	Adam Prazmowski	249
Joseph von Fraunhofer	216	Harnack in Potsdam	249
Umschneider auf der Suche nach optischem Glas	216	Oesterreichische Hersteller	251
Goethes Bericht über das optische Glas in Frankreich	216	Vögeländer	251
Johann Ernst Zeiss	217	Simon Flood	251
Pierre Louis Guinand	217	Wenzel Prokess und Karl S. Frisch	255
Eintritt Fraunhofers in das optische Institut	217	Deutsche Hersteller	255
Verbesserung des optischen Glases in Zusammenarbeit mit Guinand	218	Johann Heinrich August Dürcker	255
Gerechnete Fernrohrobjektive	218	Das optische Gewerbe in Deutschland nach dem Tode Fraunhofers	260
Weitere Verbesserung des optischen Glases	219	Optische Werkstätten in Berlin	260
Versuche zur Beugung und die Auflösung im Mikroskop	221	Gebrüder Kriegermann	264
Fraunhofers Mikroskope	221	Friedrich Körner	265
Fraunhofers weitere Lebenslauf	222	Hugo von Mohl	268
Fraunhofers Nachfolger	223	Hugo von Mohl Ranschläge für den Kauf eines Mikroskops	268
		Bedeutung der mikroskopischen Objektive	270

Die Weiterentwicklung des
Zusammengesetzten Mikroskops
und das Aufkommen des
Einfachen Mikroskops





Joseph von Fraunhofer

dass man es auch mit applanatischen Linsenobjektiven, also wohlweise als dioptrisches oder katadioptrisches Mikroskop verwenden konnte.

Bei den Spiegelmikroskopen war es außerdem sehr schwierig, die meist aus Silber bestehenden Oberflächen dieser Spiegel über längere Zeit vollständig blank zu halten. Daher waren die Tage der katadioptrischen Mikroskope gezählt, als sich die Erfolge bei der Entwicklung der achromatischen Linsenobjektive einstellten. Später sind Spiegelobjektive für mikroskopische Zwecke nur noch ganz vereinzelt und für Spezialfälle hergestellt worden.

SCHLEIDEN beurteilt die Spiegelmikroskope im Jahre 1849 folgendermaßen: »Es versteht sich wohl von selbst, dass man statt der durchsichtigen Linsen auch wie beim Teleskop Hohlspiegel anwenden kann, und in der That ist dies auch von Arnt in Modena zuerst ausgeführt und war damals, als die Achromatisierung der Linsen noch mangelhaft, der Aplanatismus noch gar nicht erfunden war, allerdings eine sehr dankenswerthe Verbesserung. Jetzt aber hat diese Einrichtung fast ganz ihren Werth verloren, denn abgesehen von der Schwierigkeit, den Spiegel ganz rein zu halten, kann man demselben nur einen höchst geringen Theil der Vergrößerung überlassen, weil sich sonst das Object nicht anbringen liesse, und der grössere Theil der Vergrößerung fällt dann immer dem Ocular anheim ...«.

Joseph von Fraunhofer



Joseph von Fraunhofer

Im Kurfürstentum Bayern wurde im Jahre 1801 mit der ersten Landvermessung begonnen und deshalb entstand im ganzen Lande ein großer Bedarf an preiswerten großstädtischen Messgeräten. Weil die in England angebotenen Instrumente viel zu teuer waren, wollte die Regierung lieber geeignete Geräte im Lande selbst herstellen lassen, und zu diesem Zweck gründete der Artillerie-Offizier und hochbegabte Techniker GOSSE VON REICHENBACH (1772–1826) zusammen mit dem Uhrmacher JOSEPH LIEBHART (1767–1840) in München 1802 ein mathematisch-mechanisches Institut. Zwei Jahre später kam der Fabrikant und Geheimreferendar JOSEPH VON UTZSCHNEIDER (1763–1840) als wichtiger Geldgeber und weiterer Teilhaber hinzu. Der Betrieb nannte sich nach dieser Erweiterung: *Mathematisch-mechanisches Institut von Utzschneider, Reichenbach und Liebhart*.

Utzschneider auf der Suche nach optischem Glas

Utzschneider sollte außerdem das optische Glas besorgen, das für die Anfertigung der Linsen in den Theodolitennormen benötigt wurde. Dafür hatte er große Schwierigkeiten. Bereits DOLLOD war es nach Mitteilung seines Schwagerneheben JESSE RAMSEY nur durch einen einmaligen Glücksfall gelungen, zur Herstellung seines achromatischen Fernrohrobjektivs einen gewissen Vorrat besonders fehlerfreien Flintglases im Norden Englands einzukaufen. Dieser Erfolg konnte nicht wiederholt werden, und bei den verhältnismäßig geringen Bedarf, den selbst die Londoner Optiker hatten, war keine Glasfabrik bereit, sich besonders intensiv mit der Herstellung hochwertiger optischen Flintglases zu beschäftigen. Man musste also mit Zufälligkeiten zufrieden sein, die aus den für die gewöhnlichen technischen Zwecke geschmolzenen Blöcken herausgesucht wurden. In Frankreich stand es um das optische Glas noch schlechter. Immerhin erhielten dort die Glasbläser bereits in der Zeit vor der Revolution einen gewissen Anreiz dadurch, dass für gutes Flintglas hohe Preise ausgesetzt wurden.

Goethes Bericht über das optische Glas in Frankreich

GOETHE schrieb in seinen *Metastelen* zur Geschichte der Farbenlehre in dem Abschnitt über die Achromasie, wie man sich seinerzeit um das optische Glas bemühte: »Achromatische Fernrohre werden verfertigt, einzelne Männer und ganze Nationen

auf die Eigenschaften der verschiedenen Glasarten aufmerksam. Clavius in Frankreich beschränkt sich der sogenannten Pierre-de-Stas statt des Flintglases, und die Entdeckung lag ganz nahe, daß der Bleikalk dem Glase jene Eigenschaft, die Farbsäume disproportionell gegen die Brechung zu verbreitern, mittheilen könnte. Zeher in Petersburg machte sich um die Sache verdient. Was Rosowich und Steiner gethan, um diese Angelegenheit theoretisch und praktisch zu fördern, bleibt unvergessen.

Le Bande erhielt in Frankreich 1775 den Preis für eine Glasart, die dem Flint nahe kam. DuRoi-grais hat zu unserer Zeit, in seiner Manufactur zu Mont-Cenis, ein Glas verfertigt, wovon ein Prisma zu zehn Graden, mit einem Prisma von Cronglas zu achzehn Graden zusammengestellt, die Farbenerscheinung aufhebt. Aber letzlich führten alle diese Anstrengungen nicht dazu, dass spezielles optisches Glas großtechnisch hergestellt wurde.

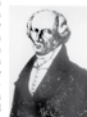
In Russland führte der von Goethe erwähnte JOHANN ERNST ZEHER (1720–1784) im Auftrag der Petersburger Akademie Schmelzversuche besonders für Flintglas durch und fand in den 60er Jahren, dass die Dispersion und der Brechungsindex mit zunehmendem Biegegrad ansteigen. Außerdem stellte er fest, dass bei einem Biegegrad der Brechungsindex durch einen Zusatz von Alkali vermindert wird, während die Dispersion unverändert bleibt. Aber in Russland fehlte ein optisches Gewerbe, das Anregungen zur Weiterentwicklung hätte geben können. Immerhin erhielt EUTZAR bei der Ausarbeitung seiner theoretischen Vorstellungen über das achromatische Objektive auch wertvolle Anregungen von Zeher.

Johann Ernst Zeher

In Deutschland stand es um das optische Glas besonders schlecht, weil hier die wenigen Optiker den einheimischen Glashütten keinen Anreiz zu gesteigerten Aktivitäten liefern konnten.

So war also für Utzschneider das optische Glas in der erforderlichen Qualität und Menge weder aus Deutschland noch aus dem Ausland problemlos zu erhalten, und er musste versuchen, es selbst zu produzieren. Da konnte mit dem Kanoveschneider PIERRE LOUIS GUINARD (1748–1824) aus Les Bains im Fürstentum Neuchâtel in der Schweiz eine Verbindung aufgenommen werden. Das war ein Glücksfall, denn Guinard hatte sich als Autodidakt und unter Anwendung erheblicher finanzieller Mittel die Glasarbeit angeeignet. Dabei bemühte er sich als Erster ganz gezielt um das Gelingen optischer Gläser. Er wollte nämlich für eigene Untersuchungen ein Fernrohr bauen und benötigte dafür geeignetes Flintglas. Im Verlauf dieser Arbeiten war ihm im Jahre 1805 die Entwicklung eines besonderen Rührverfahrens für die Glaschmelzen geglückt. Er benutzte dazu zum Umrühren der geschmolzenen Glasmasse eine Eisenstange, die mit einem Mantel aus Ton umgeben war. Mit diesem Verfahren erhielt er Gläser, von denen wenigstens kleine Stücke frei von Wellen und Schlieren waren und die sich deshalb gut für optische Zwecke eigneten. So wurde Guinard im Herbst 1805 als Optiker und vor allem als Schmelzmeister für die Glasfabrik angeworben, die das mathematisch-mechanische Institut in Benediktbeuren in den Gebäuden der ehemaligen Benediktiner Abtei errichten wollte. Auf selbst hergestelltes Glas war man außerdem schon deshalb bald angewiesen, weil wegen der von NAPOLION verhängten Kontinentalsperre seit 1806 kein legaler Import von Produkten aus England mehr möglich war. Für das Schmelzen der Linsen kam als weiterer Mitarbeiter der Optikermeister JOSEPH NUGEL (1778–1835) hinzu.

Pierre Louis Guinard



Pierre Louis Guinard

Eintritt Fraunhofers in das optische Institut

In dem Münchner Betrieb hatte sich im Jahre 1806 die optische Abteilung unter der Bezeichnung *Optisches Institut* mit v. UTZSCHNEIDER und v. REICHENBACH als Geschäftsführer mehr oder weniger selbstständig gemacht, und in diesen Zweigbetrieb

führungsgänge, mit verschiedenen Massen injiziert, und in der vierfachen Injektion der Leber und der Nieren mit Platäden (Amphibien), das Schwierigste leistete, was von der mikroskopischen Gefäßinjektion gefordert werden kann. Zahlreiche Kollegen, Aerzte, und anatomische Institute, welche im Besitze meiner Präparate sind, werden diese Selbstbeurteilung richtig finden, und, wenn sie in der Lage sind, Vergleiche anzustellen, es bestätigen, dass meine Injektionspräparate sich von jenen Anderer ebenso unterscheiden, quantum distant aera lupinis.»

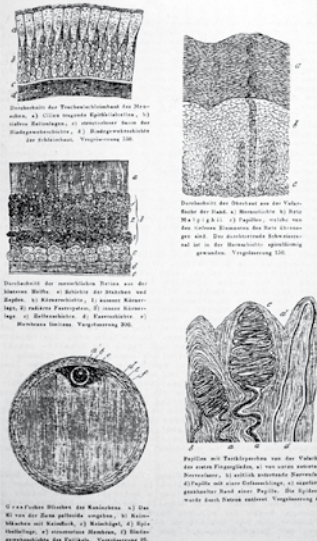
Obwohl Hyrtl diese Methode bereits weitgehend ausgeübt hatte, fand Gerlach noch eine Möglichkeit zu ihrer Verbesserung. Denn er benutzte einmal Gelatine als Injektionsmasse, wodurch sie dünnflüssiger wurde und in feinere Kanäle eindringt. Außerdem kontrastierte er sie mit Karmin, so dass die Präparate im Durchlicht betrachtet werden konnten, während ja vorher für die Untersuchung aller Injektionspräparate nur die Auflichtbeleuchtung üblich war.

Auch Hyrtl zollte Gerlachs Leistung ein hohes Lob und schrieb 1860 (S. 612): »Einen nicht genug zu dankenden Dienst erwies Herr Professor Gerlach in Erlangen der mikroskopischen Anatomie, durch die Einführung von Leiminjektionen, deren Färbemittel carminsäures Ammonium ist. Diese Injektionen, von denen ich eine ansehnliche Sammlung der besondern Freundlichkeit meines geübten Herrn Kollegen verdanke, sind durchsichtig, schließen also bei ihrer Untersuchung mit durchgehendem Licht, das übrige Parenchym nicht aus, wie es bei allen anderen Injektionen der Fall ist, welche, ihrer Undurchsichtigkeit wegen, nur bei auffallendem Licht betrachtet werden können. Sie versetzen bedeutende Vergrößerung.«

Durch dieses verbesserte Injektionsverfahren sowie durch sein Handbuch und weitere Publikationen wurde Gerlach so bekannt, dass er im Jahre 1850 einen Ruf auf den Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie an der Universität Erlangen erhielt.

Bereits in Mainz hatte Gerlach festgestellt, dass in seinen Injektionspräparaten der Farbstoff mit der Zeit aus den Gefäßen in das umliegende Gewebe diffundiert, wobei sich in erster Linie die Kerne rot anfärben, während der Rest der Zellen weitgehend farblos blieb. Das regte ihn in Erlangen an, zu prüfen, wie sich Gewebsschnitte unter direkter Einwirkung der Farblösung verhalten, die er seiner Injektionsmasse beizugeben pflegte. Er hat die Herstellungsvorschrift mehrmals verbessert, aber selbst nie veröffentlicht, aber man findet sie bei Marx, der sie mit Gerlachs Erlaubnis 1863 in seinem Buch *Das Mikroskop und die mikroskopische Technik* aufgenommen hat. Hier heißt es: »5 Gramm möglichst feines Karmin werden mit 4 Gramm Wasser und 10 Gramm Acetammoniak gelöst. Das Gemisch bleibt mehrere Tage lang nicht luftdicht verschlossen stehen ...«. Gerlach färbte Stücke von Gehirn und Rückenmark in Kaliumbichromat, färbte die Schnitte beim ersten Versuch 10 bis 15 Minuten lang in seiner Karminlösung und entwarf sie nach einer Behandlung mit Essigsäure in absolutem Alkohol. Der Einschluss erfolgte in Kanadabalsam. Er erhielt so »ganz hübsche Präparate von Nervenzellen mit intensiv rothen Kernen, leichter gefärbten Zellen und deren Ausläufern in kaum gefärbter Grundmasse ...«. Aber das Ergebnis betrafte ihn trotzdem noch nicht.

Da fand Gerlach, dass er seine Farblösung in starker Verdünnung bei längerer Einwirkungzeit benutzen muss, und schrieb darüber: »Der Zufall war es nun, welcher mit einer Methode der Anwendung des Farbstoffs zeigte, die vielmehr leitet, als die eben beschriebene. In einer Tasse, die nicht rein ausgespült worden war, blieb etwas Farbstoff zurück, den ich mit Wasser übergoss, so dass die Flüssigkeit eine schwach rosene Färbung hatte. In dieser Flüssigkeit blieb über Nacht der Durchschnitt einer Kleinhirnrinde liegen. Ich hatte bei der ausserordentlich geringen Quantität und der enormen Verdünnung des Farbstoffs gar keine Färbung erwartet, war aber



Abbildungen aus Gerlach' Handbuch der allgemeinen und speziellen Gewebelehre, 1848.

am nächsten Morgen im höchsten Grade erstaunt, den Durchschnitt in folgender Weise verändert zu finden. Die in die Windung sich fortsetzende weisse Markmasse war für das bloße Auge in der Färbung kaum verändert, auf die folgte aber die tief herofroth (tuschlich) viel röther, als die rosafarbene (Plagiale) gefärbte innere Lage der grauen Substanz, an welche sich die äußere Lage mit etwas matterer rother Farbe anschloss. Die mikroskopische Untersuchung zeigte nun sogleich, dass ich hier ein

Phasenringe verwenden ließ. Diese wurden 1939 erstmals in Mikroskopobjektive eingebaut und so entstanden die ersten wirklich verlässlichen Phasenkontrastobjektive. Erst jetzt konnte man die Produktion von Phasenkontrastmikroskopen in größeren Stückzahlen ins Auge fassen.

Die erste handelsübliche Phasenkontrasteinrichtung



Lampen mit Kondensorvorw. Davor links: Einfallslinse. Rechts: Vier Phasenkontrastobjektive. Rechts daneben: Ringblende zum Anlegen auf die Lichtsenköffnung im Mikroskopfuß.



Phasenkontrasteinrichtung für das 100x. Rechts oben: Phasenkontrastkondensor. Links oben: Einfallslinse. Schräg in die Mitte: Vier Phasenkontrastobjektive. Darunter: Ringblende für Phasenkontrast und Ringblende zum Wechsel von Phasenkontrast zum Hellfeld.

36,8 mm Durchmesser angepasst. In der Firmen-Druckschrift wird aber betont, dass man in Jena den Phasenkontrastkondensor auch an andere Stativ adaptiert, wenn die Astmatile es zulassen.

Diese Phasenkontrasteinrichtung war so, wie sie in den Handel kam. Im Wesentlichen von WALTER LOOS entwickelt worden. Er hatte eine so gute Arbeit geleistet, dass fast alle heute gebräuchlichen Phasenkontrasteinrichtungen immer noch nach den gleichen Grundsätzen aufgebaut sind.

Allerdings hielt man bei Zeiss in den frühen 40er Jahren des 20. Jahrhunderts einen stetigen Übergang vom Hellfeld zum Phasenkontrast bei vergleichenden Untersuchungen für sehr wichtig, was ja das Lampen mit seinem pankratischen Kondensor ohne weitere Erläuterung. Um das Gleiche auch bei Verwendung eines Phasenkontrastkondensors zu ermöglichen, wurden vier so genannte Halbfeld-Phasenkontrastblenden aus Polarisationsfolie zum Preis von je 32 RM geliefert, für die letzten vier Öffnungen in der Revolvervorrichtung vorgesehen waren. Auf diese Möglichkeit legten die Benutzer allerdings nicht den erwarteten großen Wert, so dass sie bald aus dem Angebot verschwand.



Stativ mit einer Niederkaltlampe, die zur leichten Handhabung mit dem Mikroskopfuß durch eine Schiene verbunden ist. Daneben: Phasenkontrasteinrichtung.

Um die Neuentwicklung am Markt einzuführen, war es natürlich notwendig, dass die potentiellen Kunden, nämlich in erster Linie Biologen und Mediziner, über das neue mikroskopische Untersuchungsverfahren in einer passenden Form und in einem für diesen Kreis leicht zugänglichen Publikationsorgan informiert wurden. Diese Aufgabe übernahm WALTER LOOS, der zusammen mit seinem Chef ANTON KÖHLER für diesen zukünftigen Benutzerkreis 1941 einen Artikel verfasste, der in der Zeitschrift Die Naturwissenschaften erschien, in dem auch die Funktion des Phasenkontrastmikroskops sehr anschaulich mit Hilfe von Vektoren erklärt wird. Weitere Artikel folgten in anderen Zeitschriften.

Besonders deutlich wurde die Leistungsfähigkeit des Phasenkontrastmikroskops von KURT MICHÉL demonstriert. Er hatte 1941 bereits an die Arbeit von Köhler und Loos in einem kurzen Artikel gezeigt, wie sich die neue Methode zur Darstellung von Chromosomen in lebenden Zellen verwenden lässt. Die Vorzüge des Gerätes wurden dann von MICHÉL am überzeugendsten durch einen Film über die Reduktionserfahrungen in Haden von Schwarzscheuchen demonstriert, die an den Straßenrändern in der Umgebung Jenas leicht und in großen Mengen zu fangen waren. Der Streifen zeigt alle Stadien der Meiose am lebenden Material bei ausgezeichnet kontrastierten Chromosomen. Eine solche Demonstration war bislang in dieser Form noch niemandem gelungen. Dabei wurden auch Einzelheiten deutlich, die man bisher an fixierten Präparaten weniger beachtet hatte, wie die Verteilung der Mitochondrien in der Anaphase auf die Tochterzellen. Eine Beschreibung der zu beobachtenden Vorgänge und der zur Vorbereitung der Aufnahmen benutzten Präparationsmethoden veröffentlichte MICHÉL 1943 in den Zeiss-Nachrichten.

Bei Zeiss war die ursprüngliche Skepsis gegenüber dem Phasenkontrastmikroskop einer hohen Wertschätzung gewichen. In der ersten Druckschrift über dieses Verfahren werden auch einige Anwendungsbeispiele gegeben, und es heißt dazu: »Bei der Ausarbeitung des Phasenkontrastverfahrens hat sich gezeigt, daß sein Anwendungsbereich wesentlich größer ist, als ursprünglich angenommen werden konnte... Erweitert jedoch heute schon fast in Zukunft wird kein Bakteriologe, Parasitologe, Cytologe oder Hämatologe ohne das neue Beobachtungsverfahren auskommen können.«

Bis zum Kriegsende wurden etwa 150 solcher Phasenkontrasteinrichtungen hergestellt und größtenteils ins neutrale Ausland geliefert. Zu den wenigen deutschen Wissenschaftlern, denen noch in den letzten Kriegsjahren ein Phasenkontrastmikroskop zur Verfügung gestellt wurde, gehörten der Anatom HEINRICH HASEMANN (geb. 1917) in Heidelberg und der Botaniker SIGMUND STREIBER (1906–1981) in Hannover.

Sachwortverzeichnis

Optische Betriebe und für die optischen Betriebe wichtige Firmen sind unter dem Oberbegriff *Firmen* sortiert.

- A**
Aal 88, 173
Aalkjiter 88
Abbe der mikroskopischen Technik 539
Abbe'sche Mikroskoptheorie 617, 644, 682, 683, 688
Abbe'sche Testgitter 481
Abbe'sche Testplatte 425, 617
Abbe'scher Beleuchtungsapparat 378, 406, 410, 432, 455, 460, 461, 531, 536, 581, 582, 606, 630, 664, 667, 794, 801, 806, 880
Abbe'scher Diffractionsapparat 637
Abbe'scher Kondensor 642, 645, 672
Abbe'scher Zeichenapparat 836, 838
Abbildung der Sonne 115
Abbildung von Gegenständen 14
Abbildungsfehler 19, 37, 208, 414, 419, 425
Abbildungstheorie des Mikroskops 895
Abbildungsvermögen 636
Aberration 421, 448
aberrationsfrei 429
abgebendete Linsen 172
Ablenkungswinkel 22
Abplattung des Jupiters 114
Abschlussgewebe 292
Absorptionsbild 429, 440
Absorptions-Chromatographie 643
Absorptionsstreifen 674, 807
Absorptionseffekt 796
Abteilung für Mikroskopie 628
Abteilung Wissenschaft 848
Academia Cascaro-Leopoldina Naturne Curatorium 34
Academia dei Lincei 33
siehe auch Akademie der Leuchtschlaggen
Academia del Cimento 34, 54, 119
Academie des Sciences 59
Achat 710
Achromasie 182, 195, 202, 214, 486, 490
Achromat 162, 202, 206, 377, 378, 419, 476, 488, 499, 766, 882
achromatisch 211
achromatische Fernrohre 161, 195, 220
achromatische Fernrohrobjective 189, 191
achromatische Gläser 467
achromatische Linsen 175, 261
achromatische Linsenobjective 216
achromatische Linsenpaare 485, 817
achromatische Mikroskopobjective 198, 203, 207, 210, 266
achromatische Objective 110, 113, 193, 496, 467, 484, 791
achromatisches Condensorsystem 794
achromatisches Prisma 742
Achromatisierung der Fernrohrobjective 192, 477
Achromatismas 206
Achsenaylinder 326
Achtundzestig 310, 874
acidophile Strukturen 537, 538
Acidophile 552
Additive Farbmischung 822, 823
additive Methode 691
Adjusting Object Glass 235
Advokat 762
Aedes aegypti 919
Aequatorialebene 625
Aetherspray 530
Aetzammoniak 322
Agar-Agar 585
Agarkondenswasser 882
Agglacolorfilm 825
Agglacolor-Film-pack 826
Agglacolor-Kinofilm 826
Agglacolor-Neu 826
Agla-Farbenplatte 825
Ägypter 757
Ächmhölz 777
Airy discs 435
Akademie der Leuchtschlaggen 32, 33
Akademien 32, 33, 34
Äkornolusen 747
Äkordruschläge 874
Äkridinorange 650
Akran 68, 153, 319, 326, 331, 542, 544, 555, 855
Alanzusatz 549
Albumen 280
Albumenzellen 714
Albumin 326
Albuminpapier 779
Albuminplatten 768
Äldicyl 858
Äldicylgruppen 856
Äkuronkörner 328
Älgen 313, 394, 549, 854
Älgensucher 106
Älzaria 532
Älzarinbau 539
Älkali 10, 217, 452
Älkalin 8, 305, 580, 583
Älkaloid-Hausalt 902

956

Sachwortverzeichnis

Alkanna-Wurzel 326
Alkannawurzel 532
Alkohol 216, 319, 322, 332, 392, 393, 521, 522, 523, 524, 525, 534, 549, 550, 555, 577, 581, 584, 601, 714, 758, 764, 768, 778, 824, 852, 853
Alkoholhoftung 521
alkoholische Gärung 574
Alkoholmischer 523, 525, 543
Allen-Video-Enhanced-Contrast-Differential-Interference Contrast 731
Allgemeine Anatomie 292, 556, 600
Allgemeine Pathologie 590
Altes Testament 5
Aluminium 811, 879
Aluminiumblech 720
Aluminiumsulfat 854
Amateur 571, 769, 939
Amateurmikroskopie 93
Amateurphotograph 769
Amateur-Wissenschaftler 719
Amesie 40
Amerikaner 211, 737, 781
amerikanisch 742, 750
Amikroven 666
amiskopisch 666
Ammoniak 549, 583, 807
Ammoniak, doppel-chromsares 330
Ammoniaklöslichkeit 327
Ammoniaklösung 332, 760, 761
Ammoniumchlorid 779
Amöben 124, 284, 587
amorpher Quarz 635
Amphaster 604
Amphioxus 523
Amphipleura 303, 504
Amphipleura pedicula 455, 495, 497, 633, 801, 802
Amplifier 802, 803, 809, 845
Amplifier 629
Amplifidengitter 683, 684, 687
Amplifiduenkontrast 731
Amplifiduenobjekte 679, 680, 685, 687, 697, 698
Amplifiduenpräparat 683
Amphikal (Zeiss) 904
Amphikal-Pol (Zeiss) 844, 904
Amylenkörnchen 714
Anacardiaceen 638
Anacume 538
Analysator 710, 711, 717, 718, 897
Analysatorfeld 748
Analysatorprisma 711
Analysatorlampe 649
Anaphase 605, 693
Anastigmat 813
Anatom 520, 528, 536, 539, 543, 545, 547, 551, 553, 554, 555, 573, 574, 591, 606, 607, 693, 838, 839
Anatomie 519, 524, 534, 541, 546, 599, 619, 620, 772, 774, 776, 827, 912
Anatomisches Mikroskop 107
Anethol 486
angedünnter Alkohol 534
Angewandte Botanik 610
Angewandte Mikroskopie 909
Angewandte Optik 691
Angiospermen 279
angulare Apertur 419
Angularvergrößerung 494
ani 533
Anilin 533, 584
Anilinblau 326, 534, 541, 820, 861
Anilinbraun 578, 581
Anilinfarben 326, 410, 521, 542, 543, 577, 581, 582, 586, 606, 679, 771
Anilinfarbstoffe 533, 537, 542, 578
Anilinfarbstoff 537, 581
Anilindol 858
Anilinviolett 326, 533
Anilinwasser 539, 584
Anilinwasserlöslichkeit 584
Anilinwassergeranienviolett 584
animalcula 573
Animalcula in Infusionen 151
Animalcules 127
Animalculi 93, 148
Animalculisten 121
anisodiametrische Quellung 720
Anisöl 202, 213, 456, 485
Anisotropie 722
Anophthalmus 547, 587
Anoptikalkontrast 684, 693, 695
Anoptikalkontrastrichtung 916
Anoptikal-Mikroskop 695
Ansatzstellen von Schen 592
Antheren 127, 530, 853
Antheriden 128
Anthracenocyanat 652
Anthropologie 722
Anthrylsäuren 10
Anthyllum 10
Antibiotica-Forschung 902
Antikörper-Antigenreaktion 692
Antimonbutter 202
Antipneumokokkenserum 652
Anwendungstechnisches Labor 901
Apertometer 208, 406, 439, 617
Apertur 82, 85
Aperturblende 851
Aplanat 175, 245
Aplanat 352
aplanatisch 403
aplanatische Abbildung 670

Sachwortverzeichnis

957

aplanatische Linsen 635
aplanatische Lupen 252
Aplanatische Punkte 208
aplanatischer Dunkelfeldkondensor 671
aplanatischer Kondensor 671
aplanatisches Linsenobjektiv 216
aplanatisches Mikroskop 278
aplanatisches Objektiv 207, 234
aplanatisches Okular 298
Aplanatismus 417
Apochromate 369, 373, 378, 486, 488, 491, 492, 494, 498, 499, 500, 504, 541, 626, 635, 642, 791, 794, 804, 805, 843, 844, 845, 847, 849, 882, 934
apochromatische Systeme 805
Apophot 935
Apophot 520, 533, 555, 610, 653, 775, 776
Apparat 165
apparato reticolare interno 547
Applikationsrichtung 902
Aquarien 750
aquatische Bewegung 109, 110, 145, 147, 152
Aquatisches Mikroskop 143
Aquatorialebene 396
Azalee 6
arabischer Gummi 467
Azagone 718
Arbeiter 405
Arbeitsabstand 67, 495, 626
Arbeitsdienst 898
Arbeitsrichtung 238, 346, 367, 368, 406
Arbeitsunfähigkeit 353
Arbeitszeit 519
Arbeitszimmer von Hooke 37
Archäologie 843
Archegonien 548
Archegonien 128
Archetypa studiatae 31
Arcella 280
Argand'sche Lampe 114, 292
Argandbrenner 631
Ärmel 784
Armlauchergale 327
arsenige Säure 331
Asenik 169, 467
Aseniklösung 319
Asenverbindungen 626
Artidagosen 571
Artefakte 583
Arteren 45, 295, 321
Artions 27
Arz 850
Arzoldrogen 610
Arzi 606, 638, 646, 709, 713, 730, 769, 789, 821
Ascaris 608
Ascaris megalocephala 603, 606, 607, 608
Asche 781
Ascholf'sche Knetchen 652
Asclepias 101
Ascomycet 908
Aspergillkonstante 825
Asphalt 762, 763
Asphalt in Terpentin 394
Asphärisms 318
Asphärisches Okular 318
asphärische Flächen 670
asphärische Linsenform 30
asphärische Oberfläche 172
Assistenten 518
Assistentenstelle 519
Asteracanthion 601
Asterias glacialis 603
Astigmatismus 67, 118, 816, 849
Astrablu 861
Astridieren 140
Astrologie 568
Astronomen 140, 639, 761, 811
Astronomie 19, 339, 404, 405, 505, 685, 845, 894
astronomische Beobachtungen 17
astronomische Fernrohre 95
Astronomische Instrumente 506
Astronomisches Fernrohr 16, 21, 781
Astrophysiker 629
asymmetrisches Teilerprisma 742
Atelier 340, 345
Äther 117, 524, 768, 778
Äther-Geleisapparat 530
ätherische Öle 716
Äther-Spray 530
Äther Spray 526, 536
atmosphärische Lichtbrechung 20, 116
atmosphärische Refraktion 7
Ätznung 46
atomo-viventes 86
Ätgrund 762
Ätznung 774
Äußerliches Gasgählicht 821
Äußerliches Gaslicht 631
Aufbewahrungsfähigkeit 716
Aufbewahrungsgemisch 550
Aufbewahrungsgemisch 318
auffallendes Licht 303
Aufguss von Weizenkörnern 127
Aufgüsse 92, 148, 159, 571
Aufgussstichen 129
Aufhellen 583
Aufhellen der Präparate 311
Aufhellung 525
Aufhellungsrichtung 27, 30, 37, 87, 100, 105, 106, 109, 110, 142, 143, 145, 306, 322, 407, 409, 651, 664, 851, 861