

Geschichte der Mikroskopie

Dieter Gerlach

Geschichte der Mikroskopie

Verlag
Harri
Deutsch 

Dr. Dieter Gerlach 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
Gräfstraße 47
60486 Frankfurt am Main
Fax (069) 77 01 58 69
E-Mail: verlag@harri-deutsch.de
<http://www.harri-deutsch.de>

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Informationen sind im Internet über <http://dnb.d-nb.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 Cirksena

Umschlaggestaltung: Claudia Holz

Druck: fgb • freiburger graphische betriebe <www.fgb.de>

Printed in Germany

Vorwort

Die vorliegende Gesamtschau zur Geschichte der Mikroskopie aus dem Bereich der Biologie und Medizin reicht von der Erfindung der Linsen in der Antike über die ersten Brillen im ausgehenden 13. Jahrhundert bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Diese historische Betrachtung endet vor dem Einzug des Computers in die Lichtmikroskopie, der zu völlig neuen Entwicklungen – wie dem konfokalen Mikroskop oder der Einführung digitaler Methoden der Bildwiedergabe – führte.

Chronologisch geordnet werden nicht nur die Entwicklung der Mikroskope und der mikroskopischen Spezialverfahren geschildert, sondern auch die Verbesserungen der Präparationstechniken sowie wichtige Entdeckungen, die mit den zur Verfügung stehenden Geräten und Methoden gemacht werden konnten.

Die Pioniere und ihre Beiträge zur Entwicklung der Mikroskopie werden durch kurze Biographien vorgestellt – so der Engländer Robert Hooke, der Niederländer Anthony van Leeuwenhoek, der Erlanger Professor für Anatomie und Physiologie Joseph von Gerlach oder der Jenenser Professor Ernst Abbe. Ein reicher Zitatenschatz aus ihren Veröffentlichungen verdeutlicht, wie diese »großen Köpfe der Mikroskopie« dachten, was ihre Beweggründe waren, welche Untersuchungsmethoden und Präparationstechniken sie entwickelten.

Auch die führenden Mikroskophersteller, darunter Dollond, Ross und Powell & Lealand in England, Chevalier und Oberhäuser in Frankreich, Reichert und Plössl in Österreich und natürlich die deutschen Firmen Leitz und Zeiss, werden ausführlich vorgestellt.

Wichtigen mikroskopischen Verfahren wie beispielsweise der Fluoreszenzmikroskopie, der Phasenkontrastmikroskopie, der Interferenzmikroskopie oder der Mikrophotographie sowie den mit diesen Verfahren gemachten Beobachtungen sind eigene Kapitel gewidmet.

Der ausführliche Text wird durch umfangreiches Bildmaterial belegt. Abgerundet wird diese Geschichte der Mikroskopie durch ausführliche Literaturverzeichnisse, die als Schlüssel zu vertiefenden Studien dienen. Verschiedene detaillierte Indices erschließen den Inhalt schnell und effektiv.

Danksagungen

Beim Abfassen dieses Buches wurde mir vielfältige Hilfe zuteil. Für die Übermittlung von Bildern und Informationen bin ich den folgenden Damen und Herren zu großem Dank verpflichtet:

J. Balzer (Rathenow), R. Beck (Wetzlar), J. Bergner (Jena), H. Bez (Jena), Ch. Beltz-Hensoldt (Marigny, Frankreich), E. M. Birkle (Siegertsbrunn), W. Braune (Jena), D. Brotsch (Oberkochen), W. Cebulla (Königsbrunn), K. Ebert (Jena), J. Grahm (Heidenheim a. d. Brenz), R. Gerstle (Stuttgart), B. Götze (Rathenow), J. Grehn (Wetzlar), G. Gruber (Heilbronn), H. Gundlach (Heidenheim a. d. Brenz), H. Haselmann (Tübingen), Herrn Hinkelmann (Oberkochen), I. Keil (Augsburg), G. v. Klauy (München), H. Knüpfer (Rathenow), F. Kornder (Wetzlar), D. Krauter (Stuttgart), M. Krumsiek (Hamburg), K. Kühn-Leitz (Wetzlar), Herrn Kukulies (Düsseldorf), M. Leitz (Wetzlar), A. Mahler (Zürich), K. Meyer (Soest), H. Michel (Baldham b. München), K. Michel (Oberkochen), F. K. Möllring (Oberkochen), P. Moritz (Bens-

heim), H. Müller (Jena), R. Neuberg (Wien), L. Otto (Buchholz-Rehbrücke), Herrn Pfeiffer (Aalen), H. Piller (Aalen), K. Porezag (Wetzlar), G. G. Reinert (Haar b. München), H. Reuss (Kassel), J. Rienitz (Tübingen), H. Riesenberg (Jena), J. Rügger (Zürich), K. Sander (Freiburg), A. C. Schäfer (Heerbrugg), K. Schindel (Seyring), R. Scholer (Stein b. Nürnberg), G. Schöppe (Jena), G. Seibert (Wetzlar), R. Seufert (Altdorf b. Nürnberg), F. D. Söhn (Marburg), M. Stolz (Zürich), H. Streble (Stuttgart), G. Vogel (Jena), F. Walther (Wetzlar), W. Wimmer (Jena) und E. Will (Wetzlar).

Ständige Unterstützung erhielt ich im Laufe vieler Jahre von der Universitätsbibliothek Erlangen und dem Leiter der Benutzerabteilung, Herrn K. Schletz, dem ich herzlich danke. Weitere Bibliotheken in Erlangen, die ich benutzte und deren Leitern und Mitarbeitern ich ebenfalls herzlich danke, waren: die Bibliothek des Instituts für Anatomie, die Bibliothek des Instituts für Geschichte und Ethik der Medizin, die Technisch-Naturwissenschaftliche Zweigbibliothek, die Teilbibliothek Biologie sowie die Teilbibliothek Physik.

Schließlich ist noch der Verlag Harri Deutsch zusammen mit seinen Mitarbeitern zu erwähnen. Herr B. Müller las das Manuskript mit den kritischen Augen eines Physikers, Herr K. Horn gestaltete die CD und Frau B. Cirkseña übernahm die mühevollen Arbeit des Lektorats. Ihnen danke ich ebenso wie dem Geschäftsführer des Verlags, Herrn M. Kegel, und der Sekretärin, Frau H. Schulze, für die jahrelange, angenehme Zusammenarbeit.

Dieter Gerlach
Erlangen, im Februar 2009

Kapitelübersicht

1	Die Optik in der Antike und im Mittelalter sowie die Anfänge der Mikroskopie im 17. Jahrhundert	1
2	Die Weiterentwicklung des Zusammengesetzten Mikroskops und das Aufkommen des Einfachen Mikroskops	49
3	Die Weiterentwicklung des Stativs für das Zusammengesetzte Mikroskop im 18. Jahrhundert und die Verbesserung der Optik des Einfachen Mikroskops .	137
4	Verbesserung der Optik der Einfachen Mikroskope	169
5	Entwicklung der achromatischen Mikroskopobjektive	181
6	Mikroskophersteller in Europa nach der Entwicklung des achromatischen Objektivs	231
7	Die Ausbildung der Zellenlehre und die Entwicklung neuer Präparationstechniken	275
8	Die Zentren des Mikroskopbaus in Deutschland und Österreich	337
9	Mikroskopische Übungen für Studenten und mikroskopische Fachbücher	381
10	Ernst Abbe und die Weiterentwicklung der Mikroskopoptik	399
11	Neue Optische Gläser und die apochromatischen Objektive	463
12	Weiterentwicklung der mikroskopischen Präparationstechnik	515
13	Bakterien, Malaria und Trichinen	565
14	Mit dem Mikroskop erzielte Entdeckungen in der Biologie in den letzten Jahrzehnten des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts.	597
15	Die Ausbildung im Fach Mikroskopie um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert	613
16	Das Ultraviolettmikroskop und das Fluoreszenzmikroskop	623
17	Dunkelfeldmikroskopie	659
18	Das Phasenkontrastmikroskop	677
19	Polarisationsmikroskopie	701
20	Interferenzmikroskopie	725
21	Binokulare Mikroskope	735
22	Mikrophotographie	755

23	Das Zeichnen mikroskopischer Bilder und die dreidimensionale Rekonstruktion aus Serienschnitten	831
24	Weiterentwicklung der Mikroskopoptik, der Mikroskopstative und der Präparationstechnik im 20. Jahrhundert	841
25	Mikroskophersteller in Mitteleuropa von der Jahrhundertwende bis zum Zweiten Weltkrieg	871
26	Mikroskophersteller in Mitteleuropa nach 1945	885
27	Amerikanische Mikroskophersteller aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts	925
28	Japanische Mikroskophersteller	931
29	Amateurmikroskopie	937
30	Anhang	945
	Allgemeines Literaturverzeichnis	947
	Sachwortverzeichnis	955
	Personenverzeichnis	1005
	Verzeichnis der Autoren	1025
	Verzeichnis der geographischen Bezeichnungen	1033
	Bildnachweis	1041

Die Optik in der Antike
und im Mittelalter sowie
die Anfänge der Mikroskopie
im 17. Jahrhundert

MICROGRAPHIA:

OR SOME

Physiological Descriptions

OF

MINUTE BODIES

MADE BY

MAGNIFYING GLASSES.

WITH

OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon:

By *R. HOOKE*, Fellow of the **ROYAL SOCIETY**.

*Non possis oculo quantum contendere Linceus,
Non tamen idcirco contemnas Lippus imungi. Horat. Ep. Lib. 1.*



LONDON, Printed for *John Martyn*, Printer to the **ROYAL SOCIETY**, and are to be sold at his Shop at the *Bell* a little without *Temple Barr.* M DC, LXVII.

Legende zu umseitigem Bild:
Titelseite der *Micrographia* von Robert Hooke (Ausgabe von 1667)

Zusammenfassung

Mit einem Mikroskop werden kleine Objekte vergrößert und feine Details aufgelöst, also als einzelne Individuen dargestellt. Das geschieht meist mit Hilfe von Linsen, von denen die ersten bereits in der Antike hergestellt worden sind, was Ausgrabungen aus Ninive, Troja, Kreta und Pompeji bestätigt haben. Aber wahrscheinlich handelte es sich bei diesen Funden nur um Schmuckgegenstände, denn es gibt keinen verlässlichen Bericht darüber, dass die Linsen damals etwa als Brillen oder Lupen benutzt worden sind. Auch über Linsenkombinationen ist nichts überliefert. Zwar hatte man bereits wichtige Grundlagen der geometrischen Optik ausgearbeitet und sogar quantitative Untersuchungen zur Lichtbrechung angestellt, aber die dabei gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse wurden nicht in die Praxis umgesetzt. So beginnt die Geschichte des Mikroskops ebenso wie die des Teleskops erst im Mittelalter.

Die Voraussetzung für die Entstehung dieser beiden Instrumente war die Erfindung der Brille im ausgehenden 13. Jahrhundert. Erst seit dieser Zeit hat man Linsen aus Glas oder anderen durchsichtigen Materialien regelmäßig und in größerer Anzahl hergestellt. Dabei wurden zunächst nur Sammellinsen als Sehhilfen für Weitsichtige geschliffen, während sich die Verwendung von Zerstreuungslinsen für Kurzsichtige erst zu Beginn des 16. Jahrhunderts nachweisen lässt.

Wir wissen nicht, wer wann und wo zwei Linsen erstmals so miteinander kombiniert hat, dass ein Fernrohr oder ein Mikroskop zustande kam. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass beide Instrumente etwa gleichzeitig gegen Ende des 16. Jahrhunderts in den Niederlanden erfunden worden sind. Während das Teleskop bereits zu Beginn des 17. Jahrhunderts von Seefahrern, Militärpersonen und Astronomen mit Erfolg erprobt wurde, kam das Mikroskop erst etwas später und dann auch nur sehr zögernd in Gebrauch. Zu den ersten Mikroskopikern gehörten Mitglieder der neu gegründeten Akademien, die sich auch mit naturwissenschaftlichen Forschungen beschäftigten. Dabei stand im Sinne der damals modernen Zeit und im Gegensatz zur mittelalterlichen Scholastik die genaue Beobachtung von Naturvorgängen im Vordergrund, wozu man auch Mikroskope gebrauchen konnte. Die ersten davon waren Zusammengesetzte Mikroskope mit einer Sammellinse als Objektiv sowie einem Okular, das entweder aus einer Sammellinse oder aus einer Zerstreuungslinse bestand.

Eine der bedeutendsten Akademien war die Royal Society in London, auf deren Geheiß ihr Schriftführer Robert Hooke in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts mikroskopische Untersuchungen anstellte und diese in dem Buch *Micrographia* zusammenfasste. Darin wird auch das dabei benutzte dreilinsige Mikroskop für Auflichtbeleuchtung vorgestellt, das abgesehen von der Objektiv- und der Okularlinse noch eine Feldlinse zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes enthielt. Bei seinen Untersuchungen setzte Hooke keinen thematischen Schwerpunkt, sondern behandelte die verschiedensten, meist biologischen Objekte, die ihm irgendwie interessant erschienen. Davon sind die Beschreibung und die Abbildung von den Korkzellen besonders bekannt geworden. Dieses Buch fand eine große Verbreitung und regte viele Leser an, sich selbst mit der Mikroskopie zu beschäftigen.

In dem 1678 geschriebenen Aufsatz *Microscopium* behandelte Hooke bereits ausführlich Untersuchungen bei Durchlichtbeleuchtung. Er hatte dazu sein Mikroskop entsprechend umgebaut und benutzte neben der normalen Hellfeldbeleuchtung auch Schiefe Beleuchtung und möglicherweise sogar das Dunkelfeld. Zu dicke Objekte wurden mit einem Kompressorium zu Quetschpräparaten verarbeitet. Außerdem erkannte Hooke die Wirkung von Einschlussmedien wie Wasser und Öl auf die Objekte.

Andere Mikroskopiker beschränkten sich bei ihren Untersuchungen auf engere Spezialgebiete und legten so noch zu Lebzeiten Hookes die Grundlagen für wissenschaftliche Disziplinen, wie die mikroskopische Anatomie der Tiere und des Menschen, die Pflanzenanatomie sowie die Embryologie. Diese drei Fachrichtungen wurden von dem Italiener Marcello Malpighi bearbeitet, während sich der Engländer Nehemiah Grew auf die Pflanzenanatomie konzentrierte.

Die Optik in der Antike

Die Optik ist neben der Mechanik derjenige Teil der Physik, mit dem sich der Mensch am frühesten beschäftigt hat. Das erste optische Gesetz, das in Mesopotamien schon vor 5000 Jahren bekannt gewesen ist, war die Erkenntnis von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes und hatte praktische Bedeutung für die Landvermessung.

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen über die Optik stammen von den alten Griechen. Allerdings fassten sie den Begriff *Optik* viel enger und verstanden darunter nur die Lehre vom Sehen. Alle übrigen Erscheinungen, die mit dem Licht im Zusammenhang stehen, wurden von anderen Fachrichtungen behandelt. So befasste sich die Katoptrik mit der Reflexion und die Dioptrik mit der optischen Vermessungskunst. Hinzu kam die Skenographie, worunter man die Lehre von der Perspektive verstand, die beim Bau von Theatern Anwendung fand. Die Lichtbrechung war zwar eine uralte Erfahrungstatsache, wurde aber von keinem eigenen Fachgebiet, sondern entweder bei der Optik oder der Katoptrik als Anhang behandelt.

Der erste Grieche, dessen optische Werke noch in der frühen Neuzeit große Beachtung gefunden haben, war der Mathematiker EUKLID, der um 300 v. Chr. in Alexandria gewirkt hat. Er benützte bei seinen Überlegungen die Vorstellung von den sich geradlinig ausbreitenden Lichtstrahlen und konnte mit dieser Abstraktion eine Reihe optischer Probleme auf mathematischem Wege lösen. Deshalb gilt Euklid als der Begründer der geometrischen Optik. Ihm wird die Autorenschaft des Buches *Optik* zugeschrieben, in dem verschiedene mit dem Sehvorgang verbundene Fragen wie die scheinbare Größe gesehener Gegenstände mit Hilfe der Lichtstrahlen erklärt werden. Ein weiteres Werk aus dieser Zeit trägt den Titel *Katoptrik* und soll zumindest unter der Mitwirkung von Euklid entstanden sein. Hier werden die Reflexion an ebenen und gewölbten Spiegeln und auch das Reflexionsgesetz behandelt, wonach der einfallende und der reflektierte Strahl mit dem Einfallslot gleiche Winkel bilden. Allerdings haben die Griechen die Reflexion schon lange vor Euklid studiert und der Philosoph PLATON (427–347 v. Chr.) war sogar über Hohlspiegel und Zylinderspiegel informiert. Der Philosoph ARISTOTELES (384–322 v. Chr.) soll bereits das Reflexionsgesetz gekannt haben.

Jedoch glaubte Euklid noch, dass die Lichtstrahlen ihren Ausgang vom Auge nehmen, dann auf den zu untersuchenden Gegenstand treffen und von diesem ins Auge zurückgestoßen werden. Diese Ansicht geht auf PYTHAGORAS (um 500 v. Chr.) und seine Schule zurück. Danach wird der Sehvorgang von einer Art Feuer vermittelt, das vom Auge ausgeht. ARCHYTAS VON TARENT (428–365 v. Chr.) präziserte diese Lehre, indem er das Feuer durch die *Sehstrahlen* ersetzte, die vom Auge wie Radarstrahlen ausgesendet werden, dann das Objekt abtasten, das gerade betrachtet wird, und schließlich wieder zum Auge zurückkehren. Wegen der Umkehrbarkeit der Strahlengänge haben aber Euklids geometrisch-optische Vorstellungen trotz Verwendung der Sehstrahlen ihre Gültigkeit beibehalten.

Die Lehre von den Sehstrahlen wurde zu Euklids Zeit von vielen Wissenschaftlern vertreten. Zu den wenigen, die dagegen Stellung bezogen, gehörte ARISTOTELES. Er bekam seine Zweifel an dieser Ansicht, weil sie nicht erklären konnte, warum man mit den von den Augen ausgesandten Sehstrahlen bei Dunkelheit nichts sieht.

Der Mathematiker und Physiker **HERON VON ALEXANDRIA** (um 100) meinte in seiner Katoptrik, dass es für das Reflexionsgesetz einen vernünftigen Grund gibt. Wenn nämlich der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel ist, gelangt der Lichtstrahl am schnellsten zum Ziel, weil der Weg dann am kürzesten ist. Der Philosoph **OLYMPIODOR DER JÜNGERE** fügte dem im 6. Jahrhundert noch als weitere Begründung hinzu, dass die Natur nichts Überflüssiges macht und keine Umwege in Kauf nimmt. Er nahm damit das Fermat'sche Prinzip vorweg, wonach die Bahn eines Lichtstrahles so verläuft, dass er zum Erreichen seines Zieles immer nur die kürzest mögliche Zeit benötigt. Dieses Gesetz hat in der Neuzeit der französische Mathematiker **PIERRE DE FERMAT** (1608–1665) formuliert, der in Toulouse als Parlamentsrat und Jurist gewirkt hat.

Der Spiegel war das erste und für viele Jahrhunderte einzige optische Instrument, das dem Menschen zur Verfügung stand. Metallspiegel fanden sich bereits in der gehobenen Gesellschaft des Alten Reichs Ägyptens. Sie werden außerdem im Alten Testament erwähnt (2. Mose, 38,8 und Hiob 37,18) und gehörten im Rom der Kaiserzeit zum normalen Hausrat. Selbst nördlich der Alpen waren die Spiegel nicht völlig unbekannt, denn man hat am Neuenburger See Metallspiegel aus der Zeit um 2000 v. Chr. gefunden.

Auch die Lichtbrechung ist den Menschen natürlich schon frühzeitig aufgefallen. **PLATON** erwähnt, dass ein ins Wasser getauchtes Ruder wie abgelenkt erscheint. Bis zur Auffindung des Brechungsgesetzes vergingen dann aber noch mehr als zwei Jahrtausende. **EUKLID** berichtet über einen Versuch, der die Auswirkung der Lichtbrechung zeigt. Man entfernt dazu ein Gefäß mit undurchsichtiger Wandung so weit, dass ein am Boden liegender Fingerring schräg vom oberen Gefäßrand soeben verdeckt erscheint. Der Ring wird sofort wieder sichtbar, wenn man Wasser in das Gefäß gießt. Daraus leitet Euklid jedoch noch keine quantitative Beziehung ab. Der Astronom und Philosoph **KLEOMEDES**, der in der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts v. Chr. gelebt hat, berichtete über die atmosphärische Lichtbrechung, wodurch die Sonnenstrahlen selbst dann noch unser Auge erreichen, wenn die Sonne bereits etwas unter dem Horizont steht.

Eine quantitative Untersuchung der Lichtbrechung kommt erst in dem Werk über die Optik vor, das der aus Ägypten stammende Physiker, Geograph, Mathematiker und Astronom **CLAUDIUS PTOLEMAIOS** (87–165) verfasst hat. Es besteht aus 5 Büchern und enthält Ausführungen über die Theorie des Sehens mit Hilfe der Sehstrahlen sowie über die Lehre von den Spiegeln, wobei sogar der Grenzwinkel der Totalreflexion für einen Lichtstrahl an der Grenzfläche von Wasser und Luft genau angegeben wird. Was die im 5. Buch abgehandelte Lichtbrechung betrifft, so hat Ptolemaios die Winkel ausgemessen, die von Lichtstrahlen bei verschiedener Neigung vor und nach dem Übergang von der Luft ins Wasser mit dem Einfallslot gebildet werden. Er bestimmte auch die Lichtbrechung beim Wechsel der Strahlen von Luft in Glas sowie von Glas in Wasser und folgerte aus den Ergebnissen, dass das Verhältnis des Einfallswinkels zum Brechungswinkel (also nicht das Verhältnis ihrer Sinus, wie es hätte richtig heißen müssen) für zwei Medien konstant ist, obwohl diese Beziehung mit seinen eigenen Beobachtungen nicht übereinstimmte.

Der römische Philosoph **LUCIUS ANNAEUS SENECA D.J.** (4 v. Chr.–65 n. Chr.) berichtete, dass Gegenstände, die sich hinter wassergefüllten, gewölbten Glasgefäßen befinden, größer erscheinen und schrieb diese Wirkung dem Wasser zu. Hohlspiegel und Sammellinsen benutzte man in der Antike als Brenngläser, etwa zum Ausbrennen von Wunden oder für rituelle Zwecke, wie für das Entfachen des Heiligen Feuers durch die Vestalinnen im Vesta-Tempel zu Rom. Aber uns ist von keinem Schriftsteller überliefert, dass damals eine Sammellinse als Brille gedient hätte. Dagegen beklagte sich der römische Redner, Politiker, Schriftsteller und Philosoph **MARCUS TULLIUS CICERO** (106–43 v. Chr.) in seinen letzten Lebensjahren in einem Brief darüber,

dass er wegen seines Alters nicht mehr selbst lesen könne und deshalb einen Sklaven zum Vorlesen benötige. Demnach stand ihm keine Brille zur Verfügung.

Trotzdem sind aus der Antike einige Sammellinsen erhalten geblieben. Die ältesten davon bestehen aus Bergkristall und wurden von HEINRICH SCHLIEMANN (1822–1890) im Jahre 1890 in Troja gefunden. Heute ordnet man diese Fundstelle der Siedlung Troja II zu und datiert sie in die Zeit um 2600 bis 2200 v. Chr. Weitere Sammellinsen aus Bergkristall mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Brennweite von 25 mm wurden in Kreta ausgegraben und stammen aus der Zeit um 1600 bis 1200 v. Chr. Im Oktober 1849 fand der britische Archäologe SIR AUSTIN HENRY LAYARD (1817–1894) eine ebenfalls aus Bergkristall bestehende Sammellinse in den Ruinen von Ninive, der 612 v. Chr. zerstörten Hauptstadt des Assyrischen Reiches. Diese Linse wurde von DAVID BREWSTER genauer untersucht. Sie ist oval mit einer Hauptachse von 42 mm sowie einer Nebenachse von 35 mm Länge und hat eine Dicke von 6,5 mm mit einer Brennweite von 108 mm. Bei allen diesen linsenförmigen Gebilden kann es sich natürlich auch nur um Schmuckstücke gehandelt haben. Die Vermutung dürfte wohl besonders auf die in Troja gefundenen Exemplare zutreffen, weil einige davon in der Mitte durchbohrt sind.

Aus dem Altertum ist auch keine Nachricht überliefert, wonach Sammellinsen als Lupe benutzt oder gar zu einem Fernrohr oder einem Mikroskop kombiniert worden wären. Außerdem ist man in der Antike auf dem Gebiet der Optik über die grundsätzlichen Erkenntnisse, die Ptolemaios entwickelt hatte, nicht wesentlich weiter hinaus gekommen. So beginnt die Geschichte des Mikroskops erst im Mittelalter.

Nach der Schließung der letzten Philosophenschule in Athen »als Stätte heidnischer und verderbter Lehren« im Jahre 529 durch den Kaiser JUSTINIAN I. (483–564) beschäftigte sich im Abendland Jahrhunderte lang niemand mehr mit naturphilosophischen Studien. Die letzten, arbeitslos gewordenen griechischen Philosophen wanderten nach Persien aus und nahmen die Schriften des ARISTOTELES mit, die dadurch später den Arabern bekannt geworden sind.

Lesesteine und Brillen

Die Voraussetzung für die Entwicklung des Mikroskops war die Erfindung der Brillen, von denen die ersten Vorläufer um das Jahr 1000 bei den Arabern in Gebrauch kamen. Unter dem Schutz arabischer Herrscher waren naturwissenschaftliche Studien im Nahen Osten wieder aufgenommen worden. Der Erste, der solche Bestrebungen unterstützte, war der Kalif AL MANSUR (712–775) in Bagdad. Diese Maßnahmen wurden von dem Kalifen AL MAMUM (813–853) mit Nachdruck fortgesetzt, indem er einschlägige griechische, syrische und persische Texte sowie in Sanskrit verfasste Abhandlungen auf Staatskosten ins Arabische übersetzen ließ. Für die Weiterentwicklung der Wissenschaften spielte auch die Einführung des Papiers eine wichtige Rolle, das die Muslime nach 751 von den Chinesen übernommen hatten. Ein Zentrum der Herstellung astronomischer und mathematischer Instrumente war die Stadt Harran im Nordwesten Mesopotamiens.

Die arabischen Mathematiker übernahmen von den Indern das Dezimalsystem sowie die Funktionen Sinus und Cosinus und fanden aufgrund eigener Überlegungen den Tangens und den Cotangens. Sie benutzten die Trigonometrie für die Astronomie und die Geographie.

Zu den bedeutendsten arabischen Wissenschaftlern, die sich auch mit der damals zur Mathematik gerechneten Optik befasst haben, gehörte der in Basra geborene und später in Kairo tätige IBN EL HAITHAM (um 965–1040), genannt ALHAZEN. Von ihm

stammt das Buch *kitab fi'l-manazir* (Große Optik), das um das Jahr 1000 erschienen ist und dessen Titel in der lateinischen Übersetzung *Opticæ Thesaurus* (Schatz der Optik) lautet. Es ist das erste Buch dieser Art, in dem auch das Auge mit einbezogen ist. Der Bau des Organs wird genau beschrieben, wobei allerdings die Linse als der wichtigste Teil und als der Ort der Bildentstehung erscheint. Alhazen betrachtete das Licht als einen Teilchenstrom und lehnte die Vorstellung von den Sehstrahlen ab. Seiner Ansicht nach nimmt das Auge nur solches Licht auf, das von der Umgebung abgestrahlt wird. Bei der Untersuchung von Reflexionen an verschieden geformten Oberflächen fiel ihm als Erstem auf, dass der einfallende und der reflektierte Strahl in einer Ebene verlaufen, die auf der reflektierenden Ebene senkrecht steht. Weiterhin untersuchte er erstmals die sphärische Aberration an Hohlspiegeln und erklärte ihr Zustandekommen mit einer geometrischen Konstruktion. Außerdem untersuchte Alhazen die atmosphärische Refraktion, und er war schließlich der Erste, der auf die vergrößernde Wirkung von Sammellinsen hingewiesen hat, und erwähnt in diesem Zusammenhang auch eine Spezialausführung, die in Mitteleuropa unter der Bezeichnung *Lesestein* bekannt geworden ist. Das war der Vorläufer der Brille in Gestalt einer überhalbkugeligen, plankonvexen Linse, die mit der ebenen Fläche auf einen Schriftzug kam, so dass dieser vergrößert erschien. Alhazens Werk wurde 1269 ins Lateinische übersetzt und entwickelte sich zu einem Standardwerk für die Optik, das schnelle Verbreitung in den Klosterbibliotheken fand. Allerdings meinte **PRIESTLEY** 1776 (S. 14, siehe S. 167), dass Alhazens »Vortrag ungemein weitläufig und voll übertriebener Aristotelischer Spitzfindigkeit ist« und nach **WILDE** (1838) ist das Buch »höchst unklar und weitschweifig geschrieben«.



Anfang der Genesis aus der Gutenberg-Bibel (um 1450) mit einem Lesestein (Nachbildung)

Arabische Wissenschaftler haben sich bereits vor Alhazen mit optischen Fragen befasst, so **AL FAOLI** um 900 und **ABU HAITHAM** um 1000, jedoch sind ihre Werke verschollen.

Etwa um die gleiche Zeit wurde dem Licht in der Vorstellungswelt des christlichen Abendlandes eine wichtige Bedeutung als Heiligenschein oder als Vermittler der göttlichen Erleuchtung beigemessen. Der englische Naturforscher, Philosoph und Theologe **ROBERT GROSSETESTE** (um 1175–1235), erster Kanzler der Universität Oxford und Bischof von Lincoln, betrachtete das Licht im Sinne des ersten Kapitels des 1. Buches Mose (Genesis) und des Anfangs des Johannes-Evangeliums als das primäre Ergebnis der Schöpfung. Deswegen bildete für ihn die Optik neben der Mathematik die Grundlage für die Naturwissenschaften. Er hat auch strahlenoptische Überlegungen angestellt und optische Experimente durchgeführt.

Sein Schüler war der bedeutendste abendländische Naturforscher dieser Zeit, der englische Franziskanermönch **ROGER BACON** (um 1214–1294), der sich ebenfalls mit optischen Fragen beschäftigt hat. Er kannte nicht nur Sammellinsen, sondern auch Zerstreuungslinsen und schrieb im Jahre 1267 in seinem Buch *Opus Majus*: »... wenn der Körper nicht wirklich plan ist, durch den man ein Objekt betrachtet, dann ist es ein großer Unterschied, je nach dem ob er mit einer konkaven oder mit einer konvexen Fläche zum Auge gerichtet ist.« Das Werk behandelt auch die vergrößernde Wirkung einer Sammellinse und ihre Verwendung als Lesestein: »Wenn man auf Buchstaben oder andere kleine Dinge durch ein Medium aus einem Kristall oder aus Glas blickt oder eine andere Linse über die Buchstaben bringt und wenn die Höhe des

Segments kleiner als der Radius ist und wenn die konvexe Seite zum Auge gerichtet ist und wenn sich das Auge an der Luft befindet, dann wird man die Buchstaben viel besser sehen und sie werden größer erscheinen ... Deshalb gibt dies ein vorzügliches Instrument für alte Leute und solche, die schwache Augen haben; denn sie können damit noch so kleine Buchstaben in genügender Größe sehen.«

Bacons Werk wurde bereits wenig später in Italien bekannt, obwohl seine Verbreitung von Papst NIKOLAUS III. (zwischen 1210 und 1220–1280) verboten worden war. Fast zur gleichen Zeit tauchten ebenfalls in Italien die ersten Lesesteine aus Bergkristall und Beryll auf. Ob Bacons Buch dazu einen Impuls gegeben hat, ist nicht bekannt. Bei der Anfertigung dieser Sehhilfen ging man zwar von der alten Kunst des Steinschleifens aus, die in ihren ersten Anfängen bereits seit der Jungsteinzeit ausgeübt worden war. Aber man musste diese Methode für die Herstellung von Linsen etwas abwandeln. Denn während Schmucksteine gewöhnlich auf einer ebenen Scheibe geschliffen wurden, waren sphärische Werkzeuge erforderlich, deren Wölbungen auf die Oberfläche der Linsen passen mussten, wenn man diese rationell und in größeren Stückzahlen herstellen wollte. Wahrscheinlich kamen solche Vorrichtungen erst im 13. Jahrhundert in Gebrauch, also ungefähr zur gleichen Zeit, als die ersten Lesesteine auftauchten.

Als Rohstoff für die Anfertigung von Lesesteinen wurde abgesehen von natürlichen durchsichtigen Mineralien wie Bergkristall auch Glas benutzt. Dazu eignete sich besonders gut das farblose Glas aus den Glashütten Venedigs.

Zuvor soll noch ein weiterer Gelehrter aus dieser Zeit erwähnt werden, nämlich der Dominikanermönch DIETRICH VON FREIBERG (Theodoricus Teutonicus de Vrïburg, Theodorich von Freiberg oder auch Meister Dietrich genannt, um 1240/45 bis nach 1310). Er stammte aus Freiberg in Sachsen und beschäftigte sich abgesehen von theologischen und philosophischen Fragen auch mit naturwissenschaftlichen und optischen Problemen. So benutzte er kugelförmige Glasgefäße als Modell und untersuchte daran den Strahlengang des Lichts beim Ein- und Austritt aus dem Wassertropfen. Dabei fand er das Grundprinzip für die Entstehung des Regenbogens, indem das Licht beim Eintritt in den Tropfen gebrochen, an der gegenüberliegenden Seite reflektiert und beim Austritt nochmals gebrochen wird. Dietrich von Freiberg beschrieb die Ergebnisse seiner Experimente in der Abhandlung *De iride et radialibus impressionibus* (Über den Regenbogen und die durch Strahlen erzeugten Eindrücke).

Glasmacherei

Glas ist ein lichtdurchlässiger, fester, amorpher und homogener Stoff, der aus einer Schmelze gewonnen wird. Er besteht aus drei Hauptbestandteilen, von denen beim gewöhnlichen Glas das Siliziumdioxid als der eigentliche Glasbildner dient. Hinzu kommen die so genannten Flussmittel, in denen sich das Siliziumdioxid bereits bei Temperaturen löst, die unter seinem Schmelzpunkt liegen. Man verwendet dazu meistens die Alkalien Natrium und Kalium in Form ihrer Karbonate, Nitrate oder Sulfate. Schließlich sind noch Stabilisatoren erforderlich, wodurch das Glas gegenüber äußeren Einflüssen wie etwa der Luftfeuchtigkeit beständig wird. Dazu wurde anfänglich fast ausschließlich Kalk oder Kreide benutzt.

Die Glasmacherei ist eine sehr alte Kunst und stand bereits im Altägyptischen Reich um das Jahr 1600 v. Chr. in hoher Blüte. Auch im alten Mesopotamien war Glas bekannt, und das älteste überlieferte Rezept für die Zusammensetzung einer Glaschmelze stammt aus der Bibliothek des assyrischen Königs ASSURBANIPAL (668–626 v. Chr.). Danach bestand das damals benutzte Gemisch aus 60 Teilen Sand als

Glasbildner, 180 Teilen Asche von Meeresalgen zusammen mit 5 Teilen Salpeter als Flussmittel sowie 3 Teilen Kreide als Stabilisator.

Der bei dem berühmten Ausbruch des Vesuvs im ersten nachchristlichen Jahrhundert umgekommene römische Admiral und Schriftsteller GAIUS PLINIUS SECUNDUS D. Ä. (23 oder 24–79 n. Chr.) berichtet in seiner *Naturalis historia* (Naturgeschichte) (XXXVI, 65), wie es zur Erfindung des Glases gekommen sein soll: »Es geht die Sage, ein Schiff der Natronhändler sei hier (an der Küste Phöniziens nahe der Mündung des Flusses Belus, Anm. G.) gelandet, und diese hätten sich, um ihre Mahlzeit zu bereiten, an der Küste verteilt; da sie aber keine Steine fanden, um ihre Kessel darauf zu stellen, hätten sie aus dem Schiff Stücke von Natron geholt und diese untergelegt; als sie erhitzt wurden und sich dabei mit dem Ufersand vermischten, seien durchsichtige Bäche einer neuen Flüssigkeit davon geflossen und dies sei der Ursprung des Glases gewesen.« Diese Geschichte kann schon deswegen nicht der Wahrheit entsprechen, weil die mit dem Feuerchen der Seeleute erreichbaren Temperaturen nie zur Erzeugung eines glasigen Schmelzflusses ausgereicht hätten. Aber Plinius berichtet auch, dass es in der Antike nur wenige Fundorte gab, aus denen der Sand in einer Qualität zu gewinnen war, die zur Glasbereitung genügte. Dazu gehörte eine Gegend nördlich von Neapel nahe der Mündung des Flusses Volturno, und eine wichtige Stätte der Glasbereitung scheint Pompeji gewesen zu sein.

Schon lange zuvor waren die Glashütten von Alexandria und besonders Sidon für ihre Erzeugnisse bekannt gewesen, die von phönizischen Händlern vertrieben wurden. Zu Lebzeiten des Kaisers AUGUSTUS kam die Glasmacherei nach Rom. Unter der Regierung des Kaisers ALEXANDER SEVERUS im 3. nachchristlichen Jahrhundert gab es in der Stadt so viele Glashütten, dass sie per Gesetz in ein eigenes Viertel verwiesen wurden, um möglichst viele Bürger der Reichshauptstadt vor dem lästigen Hüttenrauch zu bewahren. Mit dem Niedergang Roms verlagerte sich die Glasmacherei zunächst nach Grado bei Aquileja und dann nach Venedig, wo im 13. Jahrhundert mehr als 50 Glashütten bestanden. Diese wurden 1289 wegen der Abgabe und der Feuersgefahr auf die Insel Murano ausgelagert. Hier kam es noch zu einer entscheidenden Verbesserung des Glases, indem durch Beimengung von Braunstein zur Glasmasse ein besonders farbloses Glas entstand, für das sich wohl wegen der Ähnlichkeit mit dem Bergkristall die Bezeichnung *Cristallo* einbürgerte. Diese Erfindung wird dem Glasmacher ANGELO BAROVIER (1405–1460) zugeschrieben.

Es gelang außerdem, die wichtigsten Fabrikationsvorschriften, nämlich die Zusammensetzung der Schmelze und die Methoden zur Erzeugung der zum Schmelzen erforderlichen hohen Hitzegrade über Jahrhunderte streng geheim zu halten. Um das zu gewährleisten, war den Glasmachern die Auswanderung verboten. Wenn einer trotzdem entwich und aufgespürt wurde, erhielt er zunächst den Befehl zur unverzüglichen Rückkehr, während seine Verwandtschaft in Sippenhaft genommen wurde. Flüchtlinge, die der Anweisung trotzdem nicht Folge leisteten, wurden von einem von der Republik Venedig ausgesandten Killerkommando getötet. In einem Dokument aus den venezianischen Staatsarchiven vom 3.8.1554 heißt es dazu: »Der vereinigte Rat hat beschlossen, den flüchtigen Pietro de Vettor, der sich in Wien aufhält, und den Antonio Victori, der in Florenz weilt, aus dieser Welt entfernen zu lassen. Es ist deshalb Befehl gegeben, daß zwei Agenten des Inquisitionstribunals diese Männer aufsuchen sollen, und es werden ihnen zu dem Zweck zwei Dosen Gift mitgegeben. Nachdem die Agenten gefunden sind, soll dem, der nach Florenz geht, 80 Zechinen, dem, der nach Wien geht, 50 Zechinen für Reise und Aufenthalt gegeben werden. Nach vollbrachter Tat sollen jedem Agenten 100 Zechinen gegeben werden« (zit. nach Schmitz, 1995, S. 592).

Trotz aller Zwangsmaßnahmen seitens der Regierung Venedigs ließ es sich nicht vermeiden, dass man schließlich auch anderswo, so in Böhmen und England lernte, wasserhelles Glas herzustellen. Dazu kam es aber erst im 16. Jahrhundert.

Eigentlich war die Glasmacherkunst schon lange vorher, nämlich zur Zeit der Römer, nach Deutschland gelangt. Hier entstand die erste Glashütte in Köln, von wo aus diese Kunst zunächst in westlicher Richtung nach Lothringen und von da über Gallien auf die Britischen Inseln gelangte. Zum anderen drang die Glasmacherei nach Böhmen vor und anschließend auch in weitere waldreiche Gegenden Mitteleuropas, wie in Schlesien, in Thüringen, im Schwarzwald und im Spessart. Sie wurde zunächst als Wandergewerbe betrieben, weil die Glasmacher dem Holz nachzogen, das sie zum Erhitzen der Schmelze und zur Herstellung von Pottasche benötigten. Außerdem waren die Schmelzöfen wegen der hohen Temperaturen nicht besonders dauerhaft. Allerdings gelang es in Mitteleuropa zunächst noch nicht, farbloses Glas wie in Venedig herzustellen. *Waldglas* war meist schwärzlich oder durch Verunreinigungen mit Eisenoxid im Sand grünlich gefärbt. Weitere Zentren der Glasmacherei entstanden in einigen Klöstern, wo auch die Scheiben für die farbigen Kirchenfenster hergestellt wurden.

Wie in der frühen Neuzeit Glas in Deutschland hergestellt worden ist, beschreibt der aus Glauchau stammende Arzt und Naturforscher **GEORG AGRICOLA** (1494–1555) in seinem Werk *De Re Metallica Libri XII* (Zwölf Bücher über die Metalle), das 1556 in Basel erschienen ist. Im zwölften Buch Von den Salzen und vom Glas heißt es über die Zusammensetzung der Schmelze: »Das Glas wird aus schmelzbaren Steinen hergestellt und aus erstarrten Lösungen und auch aus anderen Stoffen, die sich mit den genannten auf Grund natürlicher Verwandtschaft verbinden. Schmelzbare und dabei helle und durchscheinende Steine sind anderen vorzuziehen, und man hält deshalb Kristalle für die besten Ausgangsstoffe (Gemeint ist hier offenbar Bergkristall, der besser und reiner ist als die im folgenden erwähnten Steine, nämlich gewöhnlicher Quarz und Quarzsand, Anm. Darmstaedter). Aus diesen Kristallen, die man zuerst zerkleinert, macht man in Indien, wie Plinius schreibt, ein Glas, das so hervorragend durchsichtig ist, daß kein anderes damit verglichen werden kann. An zweiter Stelle kommen Steine in Betracht, die zwar nicht so hart wie Kristalle sind, aber fast ebenso hell und durchscheinend. Die Steine müssen zunächst gebrannt und dann in Pochwerken zerstoßen, zerkleinert und dadurch in die Form von grobem Gries gebracht werden, der dann gesiebt wird. Wenn die Glasmacher solchen Gries oder Sand an Flußmündungen finden, so bleibt ihnen die Arbeit des Brennens und Zerkleinerns erspart.

Was nun die Salze betrifft, so verwendet man in erster Linie Soda, ferner weißes und durchscheinendes Steinsalz und drittens Salz, das aus Lauge hergestellt wird, die man aus der Asche von Anthyllium (Gemeint sind vielleicht Anthyllisarten, die z.B. am Ufer des Mittelländischen Meeres wachsen und wohl Alkali enthalten ... Anm. Darmstädter) oder anderen Salzkräutern gewinnt. Manche schätzen übrigens dieses Salz mehr als das vorher genannte. 2 Teile von grobem oder feinem, aus schmelzbaren Steinen gewonnenem Sand werden mit 1 Teil Soda, Steinsalz oder aus Salzkraut hergestelltem Salz vermischt. Dazu bringt man kleine Stücke von Magnetstein. Wie in früheren Zeiten glaubt man nämlich auch in unseren Tagen an die außerordentliche Fähigkeit des Magnetsteins, die flüssige Substanz des Glases an sich zu ziehen, wie er das Eisen anzieht. Und diese Substanz, die er anzieht, reinigt er auch und macht aus grünem und gelbem Glas weißes (Die alte, auch bei Plinius vorkommende Verwechslung von Magnetstein [Magnesit] und Braunstein [Pyrolusit]. Plinius z.B. XXXVI, 66: »man glaubte, der Magnetstein ziehe wie das Eisen auch das flüssige Glas an sich.« Anm. Darmstädter). Der Magnetstein selbst wird dann durch das Feuer verzehrt. Wenn man die genannten Salze nicht hat, nimmt man 2 Teile Asche von Eiche, Steineiche, Zerreiche oder, wenn solche nicht zur Verfügung steht, von Buche oder Fichte und vermischt sie mit 1 Teil groben oder feinen Sandes. Man setzt etwas Salz

hinzu, das aus Sole oder Meerwasser gewonnen ist, und ein kleines Stück Magnetstein. Aber diese Rohstoffe ergeben ein weniger helles und durchsichtiges Glas.

Die Asche gewinnt man aus alten Bäumen, deren Stamm in einer Höhe von 6 Fuß ausgehöhlt wird. In dieser Höhle entzündet man ein Feuer, das den ganzen Baum verbrennt und in Asche verwandelt. Das geschieht im Winter, wenn lange Zeit Schnee liegt, oder im Sommer, wenn es nicht regnet. Durch Regenfälle, die in den anderen Jahreszeiten häufiger sind, wird nämlich die Asche mit Erde vermischt und dadurch verunreinigt. Deshalb zerschneidet man auch solche Bäume in mehrere Teile, verbrennt diese unter Dach und gewinnt so Asche aus ihnen.«

Glas galt bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts als ein kostbares Material. Zwar sind seine Bestandteile, nämlich Sand, Kalk, Pottasche oder Soda nicht gerade selten, aber das Zurichten der Schmelze, der Schmelzvorgang selbst, der langsame Abkühlvorgang und die unvermeidlichen Verluste durch Bruch verursachten hohe Kosten. Glas war somit ein Luxusgegenstand, den man durch veredelnde Arbeiten, wie Schliff, Gravur, Ätzung oder Bemalung, noch wertvoller machte.

Die ersten Brillen

In den letzten Jahrzehnten des 13. Jahrhunderts erschienen die ersten Lesesteine in Italien. Sie gelangten auch nach Deutschland und waren hier unter den Bezeichnungen *Beril* oder *lichte Spiegel* bekannt. Die Kugelfläche erhielt bald einen etwas flacheren Schliff, so dass sich eine längere Brennweite ergab. Eine solche Linse wurde nicht mehr der Schrift aufgesetzt, sondern in einiger Entfernung darüber vor das Auge gehalten und zur leichteren Handhabung in einen Rahmen gefasst, der mit einem Handgriff versehen war. Man hatte dann ein größeres Gesichtsfeld. Die älteste plastische Darstellung eines solchen Leseglasses stammt aus der Zeit um 1270 und findet sich an einer Figur des **HIPPOKRATES VON KOS** am Heiligen Grab in der Mauritius-Rotunde des Münsters zu Konstanz. Ein Fresko von **TOMMASO DI MODENA** (um 1325–um 1379) im Kapitelsaal des Dominikanerklosters San Nicoló zu Treviso aus dem Jahre 1352 zeigt den Kardinal **NIKOLAUS VON ROUEN**, wie er eine solche Lesehilfe benutzt. Später hat man zwei derart gefasste Linsen an ihren Stielen zusammengenietet, wobei die Nietenbrillen für beidäugiges Sehen entstanden. Die älteste, von Tommaso di Modena stammende Darstellung einer solchen Sehhilfe ist ebenfalls in San Nicoló in Treviso zu sehen. Eine Nietenbrille aus der Zeit um 1350 wurde im Jahre 1951 im Nonnenkloster Wienhausen bei Celle gefunden. Sie ist die älteste erhalten gebliebene Brille.

Über die Entstehung der ersten Brillen gibt es verschiedene Nachrichten. So wurde über einen Grabstein in der Kirche Santa Maria Maggiore in Florenz aus dem Jahre 1317 berichtet, der einem **SALVINO DEGLI ARMATI** gewidmet war und den eine Inschrift als Erfinder der Brille ausgewiesen haben soll. Dieser Bericht, der sich in fast allen einschlägigen Büchern aus dem 19. Jahrhundert findet, hat sich als Fälschung erwiesen. Es gibt aber noch andere Hinweise auf die Frühgeschichte der Brille. So ist in einer Chronik aus Pisa der 1313 gestorbene Dominikanermönch **ALESSANDRO DELLA SPINA** als Brillenmacher aufgeführt. Außerdem wird von einer Predigt berichtet, die Spinus Ordensbruder **GIORDANO DA RIVALTA** im Jahre 1305 in Florenz gehalten hat. Dieser bemerkt darin, dass vor noch nicht ganz 20 Jahren die äußerst nützliche Kunst des Brillenmachens erfunden worden sei und er habe deren Erfinder selbst gesehen und gekannt. Mit Sicherheit hatte sich die Herstellung von Brillen in Venedig bereits im Jahre 1300 fest etabliert. Denn aus diesem Jahr stammt ein Erlass des Hohen Rates der Stadt, in dem ausdrücklich festgelegt wird, dass Brillengläser keinesfalls aus gewöhnlichem Glas, sondern nur aus hochwertigem Kristallglas geschliffen werden dürfen.

Von Bücherfreunden, die unter Alters-Weitsichtigkeit litten, wurde die neue Erfindung als große Wohltat empfunden. Dichter der damaligen Zeit haben sie mehrfach gerühmt. So lesen wir in der zwischen 1250 und 1285 entstandenen großen Manessischen Liederhandschrift im Lied des Mißner:

»Wenn uns das Alter
die Gesicht betimbert al zu sere,
Daz wir die edelen schrift
nit wol gesehen mögen mere,
So sint unser kere (= Zuflucht)
Zu einem lichten Spiegel klar,
der uns die schrift Erliuchten kann
und wol gesichtit machen,
so wir sie durch ihn sehen an.«

Zu den Literaten, die die Brille als einen wahren Segen priesen, gehörten auch **ALBRECHT VON SCHARFENBERG** um 1270 und **KONRAD VON WÜRZBURG** um 1275. Im Jahre 1303 wurden Brillen erstmals in einem wissenschaftlichen Werk erwähnt, und zwar in dem Lehrbuch *lilium medicinae*, das der an der Medizinschule in Montpellier lehrende **BERNHARD DE GORDON** verfasst hat. Er lobt im Kapitel *de passionibus oculorum* (von den Leiden der Augen) ein aus vielen Kräutern bereitetes augenstärkendes Mittel mit der Bemerkung, es sei so wirksam, dass ein Greis dann sogar kleine Buchstaben ohne Brille lesen könne.

Zunächst war der Umfang der Brillenproduktion gering. Einmal hielt sich der Bedarf wegen des weit verbreiteten Analphabetentums in Grenzen, und zum anderen stand das dazu erforderliche venezianische Glas nur im beschränkten Umfang zur Verfügung. Der Besitz einer Brille war also nichts Alltägliches und erregte Aufsehen. So wird von einer Adels-Hochzeit aus dem Jahre 1319 in Wien berichtet, auf der ein dabei anwesender Diplomat nur deswegen Volksaufläufe verursacht habe, weil er mit einer Brille auf der Nase herumliefe. Trotzdem gibt es Berichte von einem Brillengewerbe, das bereits zu Anfang des 14. Jahrhunderts in Flandern bestanden hat. Die Lage änderte sich aber mit der Erfindung der Buchdruckerei in der Mitte des 15. Jahrhunderts. Die Kenntnis des Lesens verbreitete sich nun schnell in breiteren Schichten der Bevölkerung, und als Folge davon ließen sich in vielen Städten Brillenmacher nieder. So erhielt im Jahre 1478 in Nürnberg ein gewisser **JACOB PFUHLMAIER** als *Parillenmacher* das Bürgerrecht. Die Stadt erließ 1535 ihre erste Brillenmacherordnung und wurde zu einem Zentrum für dieses Gewerbe, das auch in der freien Reichstadt Regensburg frühzeitig Fuß fasste. Nur im benachbarten Kurfürstentum Bayern konnte ein braver Bürger durch den bloßen Besitz einer Brille bereits der Hexerei verdächtigt werden. Das ergibt sich aus der von Kurfürst **MAXIMILIAN I.** (1573–1651) im Jahre 1622 erlassenen Instruktion über den Hexenprozess, wonach ein einschlägig Verdächtiger auch gefragt werden sollte: »Ob sye nit Zauberey getriben, das sye darmit zuekonftige Ding, Haimblichkeiten und Anschlag der Menschen erkennen wellen, durch Prillen sehen, oder dergleichen.«

Wer abseits von den Zentren der Brillenherstellung wohnte, hatte es jedoch noch im 16. Jahrhundert nicht einfach, schnell an eine passende Sehhilfe zu gelangen. So ist auf einem Gemälde des **HANS HOLBEIN D. J.** (1497/98–1543) der englische Humanist und Staatsmann **THOMAS MORUS** (1478–1535) mit einer Bügelbrille dargestellt, deren linkes Glas einen Sprung aufweist und das offensichtlich nicht rechtzeitig ersetzt werden konnte. Von dem sächsischen Kurfürst August (1526–1586) wird berichtet, welche Probleme die Beschaffung einer Brille im Jahre 1574 bereitet hatte. Nachdem man ihm zunächst auf der Leipziger Messe und anschließend in Augsburg nichts Passendes besorgen konnte, wandte er sich an die venezianischen Brillenmacher, die erst nach längerer Zeit die gewünschte Brille zu dem unerhörten Preis von 50 Talern