

Zur Entwicklungsgeschichte einiger ophthalmologischer Geräte von Carl Zeiss¹

Wolfgang Pfeiffer

Carl Zeiss, Oberkochen, BRD

Key Words. Ophthalmic instruments · Corneal microscope · Ophthalmoscope · Retinal camera · Slitlamp · Keratometer · Surgical microscope · Photocoagulator

History of the Development of Some Ophthalmological Instruments by Carl Zeiss

Abstract. Starting with the corneal microscope of 1898, numerous ophthalmological instruments have been developed at Zeiss in cooperation with important eye doctors. Examples are retinal cameras, slitlamps, the photo slitlamp, the keratometer, surgical microscopes and the photocoagulator. As an optical feature, some of these instruments exhibit parallel beam paths making easier the construction of modular systems.

Einleitung und Überblick

Anlässlich des 100. Todestages von Carl Zeiss am 3. Dezember 1988 soll hier eines der Tätigkeitsfelder des von ihm 1846 gegründeten Unternehmens historisch beleuchtet werden.

Den Schwerpunkt dieses Beitrages bilden augenärztliche Instrumente zur Diagnose und photographischen Dokumentation von 1898 bis etwa 1965.

Bei manchen ophthalmologischen Geräten begegnet man einem parallelen Strahlengang

(Abb. 1), wie er entsteht, wenn ein Objekt durch ein optisches System ins Unendliche abgebildet wird. Im Brennpunkt eines zweiten Systems kann dann ein Bild des Objekts entworfen werden. Der evidente Vorteil einer solchen Anlage: Die Bildschärfe ändert sich nicht, wenn man den Abstand der abbildenden Systeme ändert. Und da dies so ist, kann man relativ problemlos etwas dazwischen bauen, wie planparallele Platten – z.B. Filter, teildurchlässige Spiegel – oder auch Teilerwürfel. Auch ein Fernrohr stört nicht: Es bildet bekanntlich Unendlich nach Unendlich ab.

Abbildung 1 zeigt zugleich das Prinzip des Augenspiegels (1850) von Hermann von Helmholtz, für den Fall emmetroper, auf Unendlich akkommodierter Augen von Arzt und Patient.

¹ Vortrag anlässlich der 2. Zusammenkunft der Julius-Hirschberg-Gesellschaft am 29.10.1988 in Ingolstadt, BRD (überarbeitet).

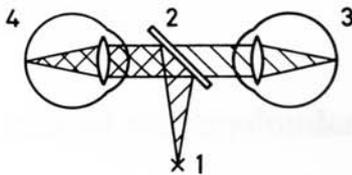


Abb. 1. Prinzip des Augenspiegels von H. v. Helmholtz für den Fall emmetroper, auf Unendlich akkommodierter Augen von Arzt und Patient als Beispiel eines optischen Systems mit parallelem Strahlengang. 1 = Lichtquelle; 2 = teildurchlässiger Spiegel; 3 = Auge des Arztes; 4 = Auge des Patienten.

Der Augenspiegel ist Grundlage und Voraussetzung der grossen Ophthalmoskope, der Funduskamera und des Lichtkoagulators, die dann in Zusammenarbeit mit bedeutenden Ärzten bei Carl Zeiss entwickelt wurden. Das Unternehmen, zu dessen Kunden und Beratern beispielsweise Robert Koch und Alexandre Yersin gehörten, baute neben Mikroskopen auch spezielle Instrumente für die Medizin, lange bevor 1912 eine medizinisch-optische Abteilung gegründet wurde.

Im Laufe der letzten 90 Jahre entstand dann eine breite Palette von Geräten, von denen eine Auswahl wenigstens erwähnt werden soll (die Entwicklungen wurden häufig nach den initiiierenden Augenärzten benannt): Handaugenspiegel und Skiaskop; Demonstrationsophthalmoskop nach Wessely und Polyophthalmoskop nach Wegener; Parallaxenrefraktometer; Keratometer (zur Messung des Abstands Hornhaut-Brillenglas); Exophthalmometer (zur Messung des Exophthalmus); Stereoiriskammer; Photokeratoskop nach Amsler und Kornealreflektograph (zur Untersuchung und Vermessung der Hornhaut); Projektionskoordimeter nach Erich Zeiss (Ophthalmologe in Dortmund) für Schieluntersuchungen; Projektionsperimeter nach L. Maggiore für Gesichtsfeldmessungen.

Im wesentlichen wird nachstehend über Hornhautmikroskop, Funduskamera, Spaltlampe, Ophthalmometer, Operationsmikroskop und Lichtkoagulator berichtet werden.



Abb. 2. Hornhautmikroskop mit orthoskopisch abbildender Stereoptik (Czapski, 1898).

Hornhautmikroskop

Um 1895 wurde in Zusammenarbeit mit dem amerikanischen Zoologen Horatio S. Greenough ein Stereomikroskop entwickelt, das die Grundlage des 1898 vorgestellten Hornhautmikroskops (Abb. 2) bildet. An beiden Geräten hatte Siegfried Czapski [1] – der spätere Nachfolger von Ernst Abbe – entscheidenden Anteil. Diese Instrumente waren (wie Abbes binokulares Fernglas) mit Prismenumkehrsystemen ausgestattet und ergaben so ein orthoskopisches Stereobild, d.h. eine tiefenrichtige Abbildung. Die Chronologie gebietet nun einen Sprung von der Kornea zum Fundus.

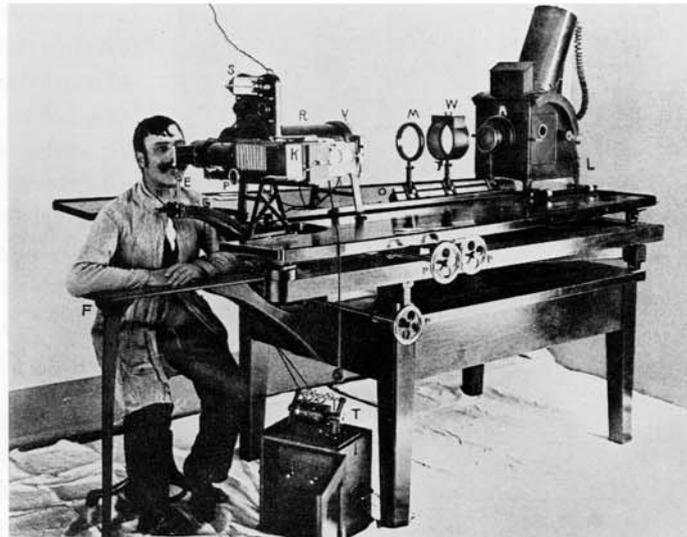


Abb. 3. Apparat zur Netzhautphotographie (Dimmer, 1901).

Funduskamera und Ophthalmoskop

Um die verbesserte Beobachtung und die Photographie des Augenhintergrundes haben sich Ärzte, Physiker, Mathematiker und Instrumentenbauer verdient gemacht.

Die Erfindung der Photographie durch Niepce und Daguerre sowie des für die praktische Anwendung entscheidenden Negativ-Positiv-Verfahrens durch Talbot war 1839 bekannt gegeben worden. Erst 1886 gelang Lucien Howe die erste brauchbare Photographie eines menschlichen Fundus.

Den entscheidenden Durchbruch erzielte der Grazer Ophthalmologe Friedrich Dimmer [2], der 1901 in Heidelberg erstmals einen pathologischen, diagnostizierbaren Befund anhand einer Fundusaufnahme demonstrierte. Dimmer hatte sich die technische Hilfe von August Köhler und Moritz von Rohr gesichert. (Dieselben Wissenschaftler entwickelten später das Ultraviolettmikroskop.)

Der riesige Apparat (Abb. 3) von Dimmer konnte ein beachtliches Gesichtsfeld von etwa 6,5 Papillendurchmessern abbilden. Die Belichtungszeit betrug 1901 noch $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ s, so dass der Patient sich an der Kopfstütze festbeissen musste! Einige Jahre später reichte $\frac{1}{20}$ s. Bildschärfe und Ausleuchtung waren so gut, dass sich Dimmer widerlichen Verdächtigungen ausgesetzt sah. Ausserdem waren seine Aufnahmen schon 1899 reflexfrei durch Pupillenteilung: Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang durchsetzten zwei getrennte Bereiche der Patientepupille. (Das Prinzip des reflexfreien Augenspiegels war 1896 von dem Ophthalmologen Walther Thorner publiziert worden. F. Fuchs hatte schon 1882 ein anderes Prinzip erfunden: Er setzte ein Nicol'sches Prisma vor das Patientenauge und spiegelte so den polarisierten, von der Hornhaut reflektierten Strahl zur Seite.)

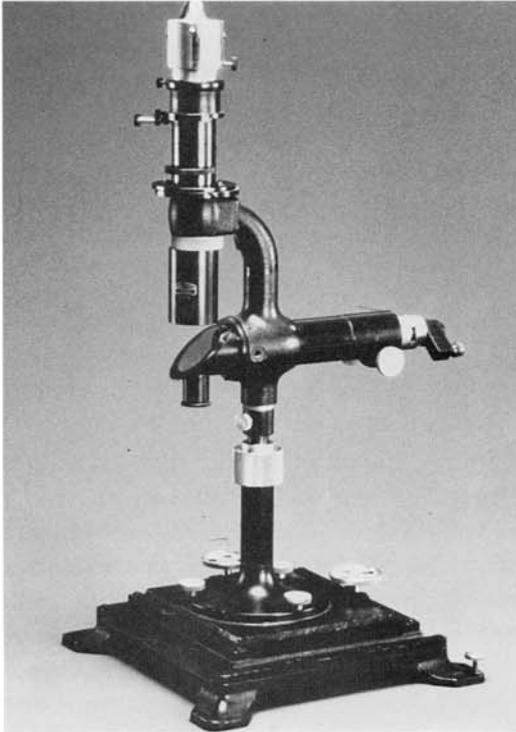


Abb. 4. Grosses Ophthalmoskop nach Gullstrand (ab 1910); Optisches Museum Oberkochen.

Den Kontakt zwischen Dimmer in Graz und von Rohr in Jena hatte der schwedische Ophthalmologe Alvar Gullstrand vermittelt. Die Gullstrandsche Lehre vom Augendrehpunkt war das Fundament für die Berechnung der Stargläser Katral und der punktuell abbildenden Brillengläser durch Moritz von Rohr, dem es gelang, den Astigmatismus schiefer Bündel zu beseitigen.

Das Katralglas für aphake Augen ist ebenso wie die Gullstrandsche Ophthalmoskoplinsche asphärisch. Dies bedarf einer Erläuterung: Man kann um so mehr Abbildungsfehler beseitigen, je mehr variable Größen ein optisches System aufweist, z. B. Linsenabstände, Krümmungsradien, Brechzahlen. Statt viele Linsen

zu kombinieren, wie es z. B. bei Mikro- und Photoobjektiven häufig geschieht, kann man bei einer Einzellinse quasi künstliche Variablen schaffen, indem man asphärische Flächen mit mehreren Zonen verschiedener Krümmung verwendet. Dagegen hat eine kugelförmige (sphärische) Linsenfläche genau einen Krümmungsradius.

Mit diesen Fragen befasste sich Abbe bereits 1899 [3, 4]. Damit war man bei Carl Zeiss auf die mathematischen, fertigungstechnischen und prüftechnischen Probleme der Asphärentchnik vorbereitet, als Gullstrand ab 1910 seine neuen Methoden der reflexlosen Ophthalmoskopie publizierte [5]. Das Gullstrandsche «grosse Ophthalmoskop» (Abb. 4) war mit einem von M. v. Rohr berechneten aplanatischen asphärischen Objektiv ausgestattet; dieses grosse Tischgerät wurde auch in binokularer Ausführung geliefert und war dadurch relativ angenehm zu handhaben, ja es erlaubte sogar eine stereoskopische Fundusbeobachtung.

Gullstrands «vereinfachtes grosses Ophthalmoskop» wurde 1925 auf Anregung des in Uppsala wirkenden Ophthalmologen J. W. Nordenson [6] zur Grundlage einer neuen Netzhautkammer (Abb. 5) mit Spiegelreflexkamera und Mikrobogenlampe. Für die Entwicklung zeichnete Otto Henker verantwortlich. Die Nordenson-Kammer war ein Kompromiss. Sie war – im Vergleich zum Dimmerschen Apparat – weniger aufwendig, kompakter und bedienungsfreundlicher und fand daher Eingang in die klinische Praxis, obwohl ihre Bilder wegen der Belichtungszeit von $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{10}$ s zu Bewegungsunschärfe neigten und in der Mitte Reflexe zeigten. Nach einer Erfindung von Hans Hartinger berechnete Hans Boegehold 1929 ein reflexfreies Objektiv: Ein schwarzer Punkt in der Kittfläche absorbierte die störenden Strahlen.

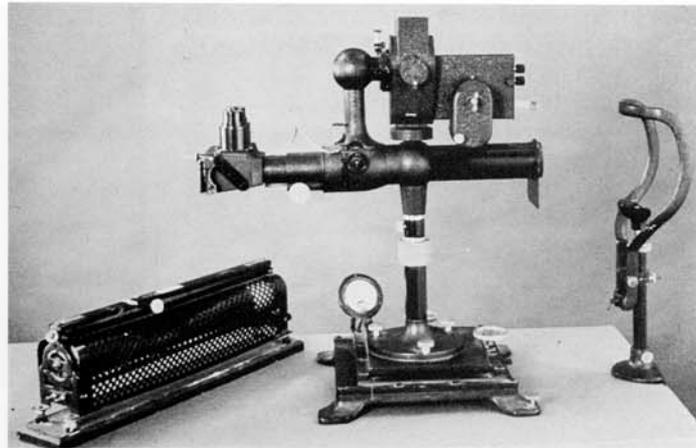


Abb. 5. Netzhautkammer nach Nordenson (ab 1925); Carl Zeiss, Oberkochen, Labor für medizinisch-optische Geräte.

Beim Neubeginn in Oberkochen ab 1946 verfügte man nicht über alte Unterlagen und ergriff die Chance völliger Neuentwicklung. 1955 stellte Hans Littmann [7] die neue Funduskamera (Abb. 6) vor. Sie nutzt die optische Leistung des menschlichen Auges, das ja am abbildenden Strahlengang beteiligt ist, voll aus und bildet ein Fundusgebiet von 30° Durchmesser fehlerfrei und geebnet ab. Ametropie und Astigmatismus lassen sich kompensieren. Bezogen auf Gesichtsfeldwinkel ist sie eine Messkamera mit bildseitig telezentrischem Strahlengang. Sie nutzt ferner die Fortschritte der Photochemie und lässt sich mit Kleinbildfilm ebenso wie mit einem später entwickelten Polaroidadapter betreiben. Schliesslich nutzt sie die Fortschritte der Elektronik. Als Lichtquelle diente schon 1955 ein Elektronenblitz.

Gert Littmann [8] entwickelte dann 1965 in Zusammenarbeit mit A. Wessing (Universitäts-Augenklinik Essen) einen Schnellblitzgenerator und einen Automatikzusatz (Abb. 6) für die Fluoreszenzangiographie nach H. R. Novotny und D. L. Alvis. Dieses Instru-



Abb. 6. Funduskamera (H. Littmann, ab 1955) mit Automatikzusatz und Schnellblitzgenerator (G. Littmann, ab 1965).

Erläuterung zu den Legenden

Die Instrumente in den Abbildungen 6 und 9–14 wurden in Oberkochen gebaut. Die Jahreszahlen beziehen sich meist auf die erste Vorstellung oder Veröffentlichung. Bei historischen Stücken ist der Standort angegeben.

mentarium wurde auch zur Untersuchung des Blackout in der Weltraummedizin eingesetzt.

Eine etwas ausführlichere Darstellung zur Geschichte der Funduskamera hat der Verfasser 1980 veröffentlicht [9].

Spaltlampe

Chronologisch wurde zuerst der Fundus und dann die Hornhaut mit optischen Instrumenten erschlossen. Die übrigen Augenmedien blieben lange ein «missing link», obwohl auch sie offensichtlich durchsichtig sind. Ein Kunstgriff – wieder einmal von Gullstrand – brachte Licht in das Dunkel. Die Spaltlampe projiziert einen Spalt auf das Auge und erzeugt einen Lichtschnitt, der mit einer binokularen Fernrohrlupe stereoskopisch beobachtet werden kann. Kontraste entstehen durch unterschiedliche Lichtstreuung an den verschiedenen Medien. Durch die relativ abstrakte Idee der Spaltlampe erschloss Gullstrand auch die vorderen und mittleren Medien einer eingehenden optischen Inspektion und schenkte dem Augenarzt ein Diagnoseinstrument par excellence. Gullstrand [10] demonstrierte sein bei Carl Zeiss gebautes Gerät 1911 in Heidelberg. Im gleichen Jahr wurde er mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Die Anwendung des Urgerätes verlangte viel Geschick: Sowohl die Linse zur Abbildung des Spaltes als auch die Fernrohrlupe wurden frei von Hand geführt! Es bedurfte jahrzehntelanger gemeinsamer Arbeit von Augenärzten und Industriewerken, um die Spaltlampe (Abb. 7) zu einem bequem bedienbaren Routineinstrument zu machen.

Otto Henker realisierte schon 1914 in einem Versuchsaufbau die später selbstverständliche mechanische Kopplung von Mikroskop und Beleuchtung. Die Spaltlampe von 1916 war be-

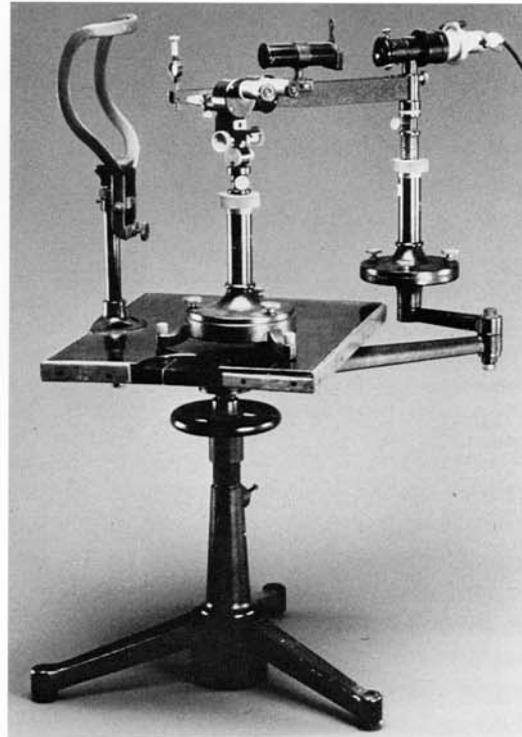


Abb. 7. Spaltlampe nach Gullstrand (ab 1911). Die abgebildete Ausführung mit Hornhautmikroskop wurde ab etwa 1916 gebaut. Optisches Museum Oberkochen.

reits mit einem Hornhautmikroskop als Tischgerät ausgestattet.

Von den bedeutenden Augenärzten, die zur Spaltlampentechnik beitrugen, seien wenigstens Leonhard Koepe (Halle), Alfred Vogt (Basel) und Wilhelm Comberg (Rostock) genannt. Koepe, der die Untersuchung mit der Spaltlampe medizinisch, technisch und durch viele Veröffentlichungen gefördert hat, ist u. a. die Fundusuntersuchung mit Spaltlampe und Kontaktglas (1918) zu verdanken. Auf Anregung von Vogt, von dem auch das klassische Werk «Lehrbuch und Atlas der Spaltlampenmikroskopie des lebenden Auges» (1921)

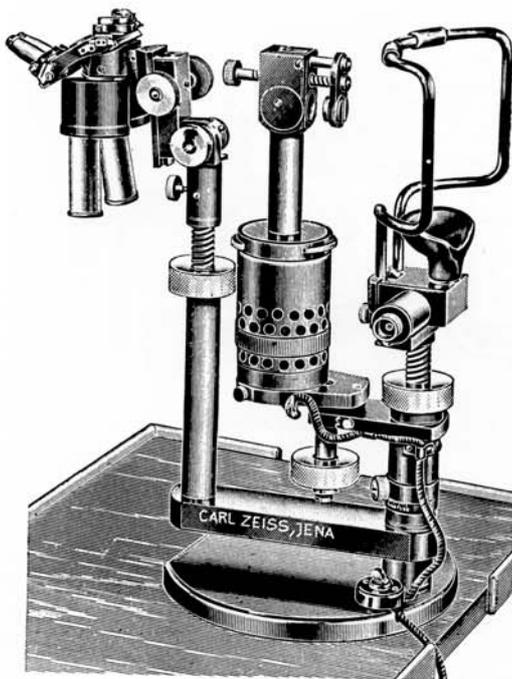


Abb. 8. Spaltlampe nach Comberg (ab 1933).

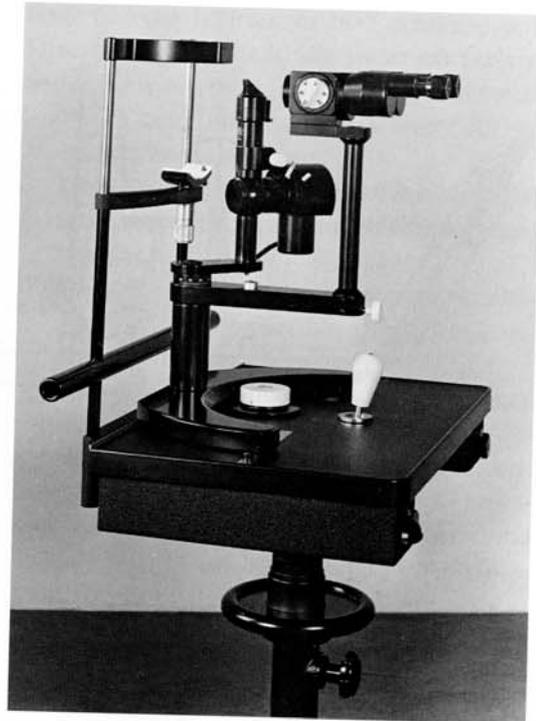


Abb. 9. Spaltlampe (H. Littmann, ab 1950).

stammt, wurde bei der Spaltlampe 1919 das Köhlersche Beleuchtungsprinzip eingeführt mit dem Ergebnis einer sehr homogenen Beleuchtung.

Um 1933 erschien in Jena die Spaltlampe nach Comberg (Abb. 8) mit zwei wesentlichen Fortschritten: Sie war kompakt und besass eine gemeinsame Schwenkachse für Mikroskop und Beleuchtung.

Die erste Spaltlampe aus Oberkochen (Abb. 9) war eine Schöpfung von Hans Littmann [11]. Das Spaltbild liegt in der gemeinsamen Schwenkachse von Stereomikroskop und Leuchte und zugleich automatisch in der

Schärfenebene des Mikroskops, ohne dass der Arzt irgendetwas justieren müsste. Die Leuchte kann während der Beobachtung vor dem Mikroskop durchgeschwenkt werden. Die Lichtaustrittsöffnung findet zwischen den beiden Mikroskopstrahlengängen Platz, so dass z. B. bei Kontaktglasuntersuchungen sehr enge Winkel zwischen Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung möglich sind.

Das Mikroskop besitzt hinter dem Objektiv einen parallelen Strahlengang, in dem Galileische Fernrohre als Vergrößerungswechsler auf einer Schaltwalze montiert sind (Abb. 10). Diese Anordnung war in Jena gegen Ende des

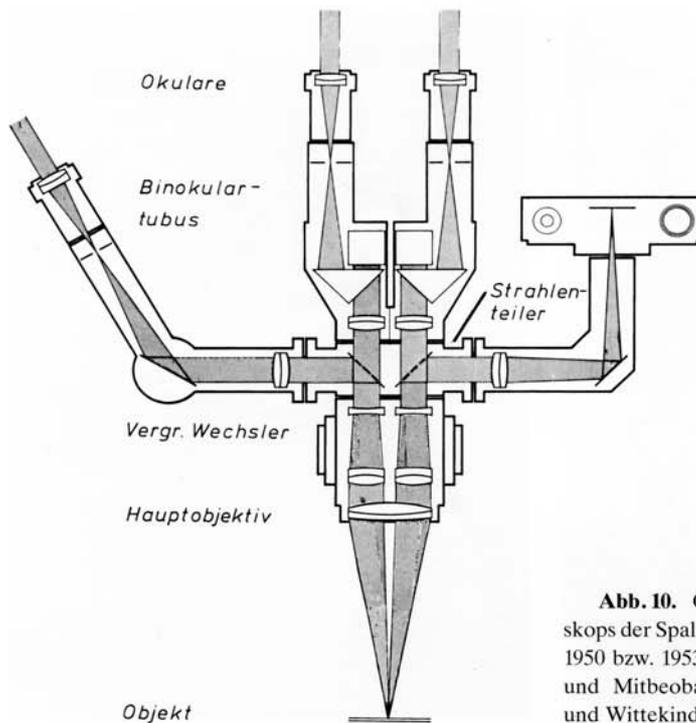


Abb. 10. Optisches System des Hornhautmikroskops der Spaltlampe und des OPMI 1 (H. Littmann, ab 1950 bzw. 1953). Hier mit Strahlenteiler, Photoadapter und Mitbeobachtertubus (Zusätze von G. Littmann und Wittekindt, ab 1965).

Krieges entwickelt worden und erwies sich als sehr langlebig. Sie findet sich seit 1953 bekanntlich auch in vielen Operationsmikroskopen aus Oberkochen.

Die Photospaltlampe (1965; Abb. 11) ist Gert Littmann [12] zu verdanken. Bei der Optimierung der optischen Elemente ging es um Feinheiten wie eine spaltförmige Aperturblende zum Zwecke der Lichtökonomie. Als Lichtquelle dient ein überlasteter Xenonelektronenblitz. Mit diesem Instrument gelang es erstmals, die Spaltbildphotographie mit Farbfilm in die klinische Routine einzuführen, obwohl Spaltbilder von Natur aus leuchtschwach und kontrastarm sind.

Die Spaltlampe wird durch verschiedene Zusätze – z. B. Applanationstonometer, Hornhautdickenmesser, Vorderkammertiefenmesser und Ophthalmometer – zum Messgerät. Ophthalmometer werden als Zusatzgeräte und als selbständige Instrumente hergestellt.

Ophthalmometer

Ophthalmometer dienen zur Messung der Krümmungsradien und des Astigmatismus der Hornhaut. Das Messprinzip: Die konvexe Hornhaut entwirft Spiegelbilder von zwei Messmarken. Der Abstand der Bilder ist ein Maß für den Krümmungsradius. Von Helm-

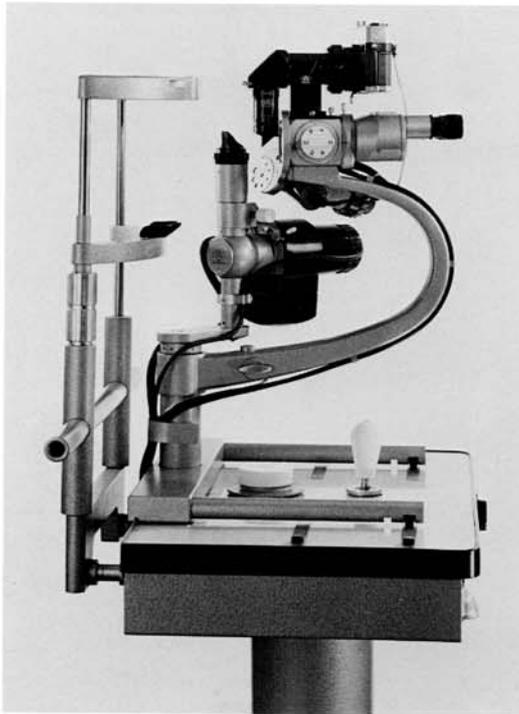


Abb. 11. Photospaltlampe (G. Littmann, ab 1965).

holtz hat das Instrument 1855 erfunden und Grundsätze aufgestellt, die leider oft verletzt wurden, u. a. beim Javal-Ophthalmometer und auch beim Gerät nach Hartinger (1934). Helmholtz hatte gefordert:

1. Der Abstand der Messmarkenbilder darf nicht von der Entfernung zwischen Patientenauge und Instrument abhängen.
2. Der Abstand jener beiden Messmarkenbilder muss auch entfernungsunabhängig gemessen werden.

Das von H. Littmann [13] in Oberkochen entwickelte Ophthalmometer (1950; Abb. 12) erfüllt die Forderung 1 durch Messmarkenkolimatoren, die parallele Strahlenbündel erzeugen und damit Bilder im Unendlichen und schliesslich in zwei Brennpunkten der Hornhaut entwerfen.

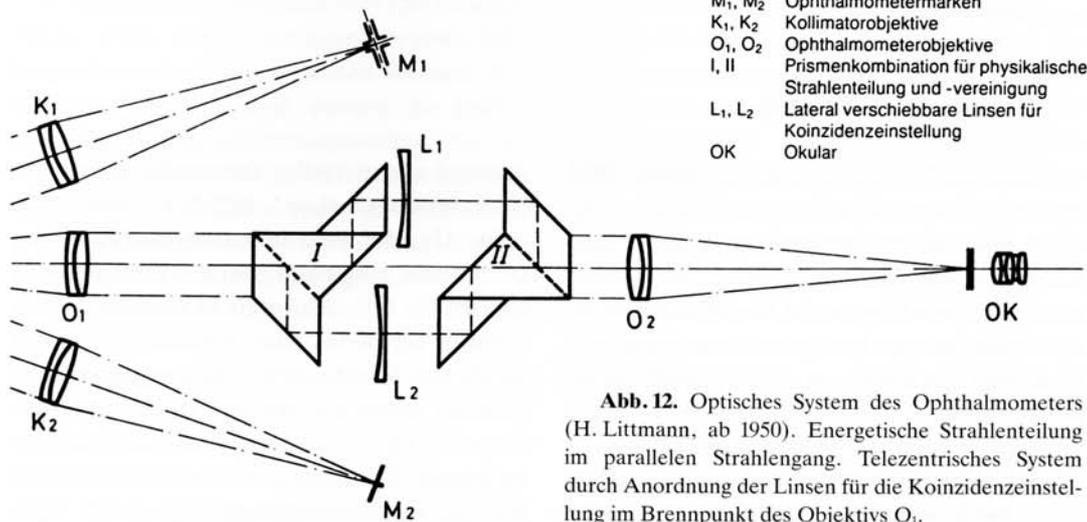


Abb. 12. Optisches System des Ophthalmometers (H. Littmann, ab 1950). Energetische Strahlenteilung im parallelen Strahlengang. Telezentrisches System durch Anordnung der Linsen für die Koinzidenzeinstellung im Brennpunkt des Objektivs O_1 .

Die Forderung 2 erfüllt ein telezentrischer Strahlengang, der dafür sorgt, dass der lineare Abstand der Messmarken und nicht ihr vom Objektiv aus gesehener Winkelabstand gemessen wird. Das Gerät arbeitet nach dem ebenfalls von Helmholtz erdachten Koinzidenzverfahren, das die Messung unabhängig macht von Bewegungen des Patientenauges. Das Littmannsche Ophthalmometer erfüllt die Forderungen von Helmholtz erstmals radikal. Ausserdem wurde das Messergebnis durch energetische Strahlenteilung unabhängig gemacht von der Scharfeinstellung. Die Genauigkeit dieses Ophthalmometers von 1950 ist nach der Kenntnis des Autors unübertroffen geblieben. Es wird daher heute noch gebaut und z. B. auch bei der Kontaktlinsenanpassung eingesetzt.

Wie bereits angedeutet, stehen Instrumente für die ophthalmologische Diagnose und Dokumentation im Mittelpunkt dieses Beitrags. Instrumente zur Therapie bilden einen zweiten Schwerpunkt der Produktion medizinisch-optischer Geräte. Die beiden ältesten Therapiegeräte sollen als Beispiele aus diesem umfangreichen Gebiet den Abschluss dieser historischen Betrachtung bilden. Ausführlichere Darstellungen findet man z. B. bei Meyer-Schwickerath [14], Lang und Muchel [15] sowie Pfeiffer [16, 17].

Das Operationsmikroskop

Nachdem Nylén 1921 und Holmgren 1922 erstmals Fenestrationsen unter Verwendung eines Mikroskops durchgeführt hatten, fand das Mikroskop als chirurgisches Hilfsmittel nach und nach Eingang in die Ohrenheilkunde. Schon das erste binokulare Instrument von Holmgren stammte von Zeiss (siehe Nylén [18]).

Nach dem Kriege befasste sich Hans Littmann [19] mit der Entwicklung eines Kolposkops mit koaxialer Beleuchtung. Schliesslich

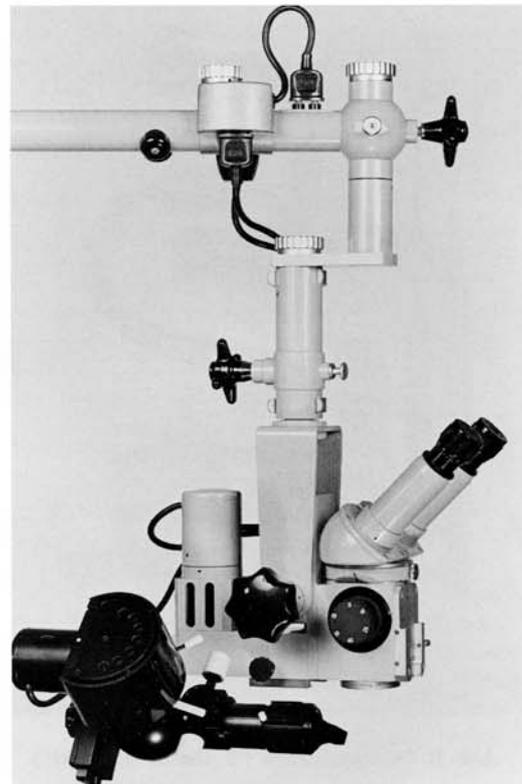


Abb. 13. Stativspaltlampe (etwa 1962) zur Untersuchung liegender Patienten, eine der vielen vom OPMI 1 (H. Littmann, ab 1953) abgeleiteten Varianten.

entstand ein spezielles Stereomikroskop, das Operationsmikroskop OPMI 1 von 1953 (Abb. 13), das bald in vielen medizinischen Disziplinen eingesetzt wurde. Infolgedessen hat sich die Mikrochirurgie in wenigen Jahren weltweit verbreitet. Das optische System mit parallelem Strahlengang und Vergrösserungswechsler entsprach dem des Hornhautmikroskops der Spaltlampe von 1950. Durch das gemeinsame Hauptobjektiv des OPMI wurde auch der Beleuchtungsstrahlengang zum Ope-

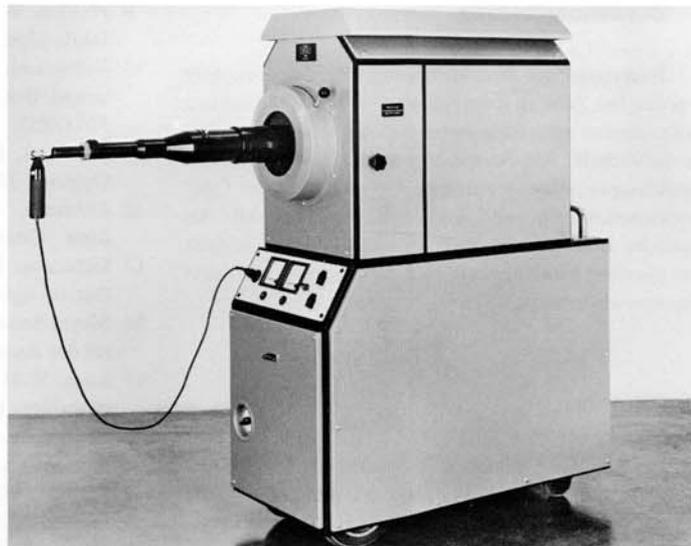


Abb. 14. Lichtkoagulator nach Meyer-Schwickerath (H. Littmann, ab 1957).

rationsfeld gelenkt. Das Operationsmikroskop wurde zu einem beinahe universellen System mit zahlreichen Stativen, Komponenten und Leuchten ausgebaut. An einen im parallelen Strahlengang eingefügten Strahlenteiler (Gert Littmann und R. Wittekindt 1965 [20]) können Photo-, Film- und Fernsehcameras sowie Mitbeobachtertuben angeschlossen werden. Für die Ophthalmochirurgie wurden die Instrumente mit Spaltleuchten ausgestattet. Das OP-MI 1 ist zum Stammvater vieler Generationen von Operationsmikroskopen geworden, die seit 1966 auch mit Zoomsystemen als Vergrößerungswechsler angeboten werden.

Lichtkoagulator

Die Chirurgie mit Lichtstrahlen ist älter als der 1960 erfundene Laser. Der Ophthalmologe Gerd Meyer-Schwickerath [14] leitete aus sei-

nen Untersuchungen von Augen mit Netzhautschäden nach leichtsinniger Beobachtung von Sonnenfinsternissen ein fundamental neues Verfahren ab, nämlich Makulalöcher, Netzhautrisse, beginnende Netzhautablösungen usw. durch Lichtkoagulation zu behandeln.

Neue Indikationen kamen hinzu, und das Verfahren konnte sich international ausbreiten, als der von Hans Littmann [21] in enger Zusammenarbeit mit Meyer-Schwickerath entwickelte Lichtkoagulator (1957, Abb. 14) auf dem Markt erschien. Die ophthalmologischen Laser der Gegenwart sind ohne diese Pionierarbeit nicht denkbar. Das optische Grundprinzip des Lichtkoagulators ist einfach: Zielstrahl und Therapiestrahle von einer Xenonhochdrucklampe werden durch ein Ophthalmoskop ins Auge geführt. Damit schliesst sich der Kreis: Wir sind zum Augenspiegel von Helmholtz zurückgekehrt, der den Augenärzten die Augen geöffnet hat.

Zusammenfassung

Beginnend mit dem Hornhautmikroskop von 1898 wurden bei Zeiss in Zusammenarbeit mit bedeutenden Augenärzten zahlreiche ophthalmologische Instrumente entwickelt. Als Beispiele werden Funduskameras, Spaltlampen, Photospaltlampe, Ophthalmometer, Operationsmikroskop und Lichtkoagulator behandelt. Als optische Besonderheit trifft man bei einigen Geräten auf parallele Strahlengänge, die den Aufbau modularer Systeme erleichtern.

Literatur

- 1 Czapski, S.: Binoculares Cornealmikroskop. Graefe's Arch. Ophthalm. 48: 229–235 (1899). (Das Gerät wurde von Schanz schon 1898 in Heidelberg vorgeführt.)
- 2 Dimmer, F.: Die Photographie des Augenhintergrundes (Bergmann, Wiesbaden 1907).
- 3 Abbe, E.: Verfahren, sphäroidische Flächen zu prüfen und Abweichungen von der vorgeschriebenen Gestalt nach Lage und Grösse zu bestimmen, DRP 131536 (angemeldet am 15.11.1899); Ges. Abhandl. Band 2 (Fischer, Jena 1906). (Siehe auch Rohr, M. von [4], p. 110.)
- 4 Rohr, M. von: Zur Geschichte der Zeissischen Werkstätte bis zum Tode von Ernst Abbe; 2. Aufl. (Volckmar, Leipzig 1936).
- 5 Gullstrand, A.: Neue Methoden der reflexlosen Ophthalmoskopie. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 36: 75–80 (1910).
- 6 Nordenson, J. W.: Augenkamera zum stationären Ophthalmoskop von Gullstrand. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 45: 278 (1925).
- 7 Littmann, H.: Die Zeiss Funduskamera. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 59: 318–321 (1955).
- 8 Littmann, G.: Fundus-Photographie mit schneller Bildfolge. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 67: 393–395 (1965).
- 9 Pfeiffer, W.: Fotografie des Augenhintergrundes. Jahrb. Opt. Feinmech., Berlin 27: 46–58 (1980).
- 10 Gullstrand, A.: Demonstration der Nernst-Spaltlampe. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 37: 374–376 (1911).
- 11 Littmann, H.: A new slitlamp apparatus. Am. J. Ophthalm. 33: 1863–1870 (1950).
- 12 Littmann, G.: Spaltbildphotographie. Zeiss Inform., Oberkochen 13: 43–51 (1965).
- 13 Littmann, H.: Grundsätze zur Ophthalmometrie. Ber. dt. ophthalm. Ges., München 56: 33–39 (1950).
- 14 Meyer-Schwickerath, G.: Lichtkoagulation; Bücherei des Augenarztes Nr. 33 (Enke, Stuttgart 1959).
- 15 Lang, W. H.; Muchel, F.: Zeiss microscopes for microsurgery (Springer, Berlin 1981).
- 16 Pfeiffer, W.: Das Zeiss Operationsmikroskop. Acta medicotech. 31: 24–25 (1983).
- 17 Pfeiffer, W.: Operationsmikroskope. Jahrb. Opt. Feinmech., Berlin 31: 87–98 (1984).
- 18 Nylén, C. O.: The microscope in aural surgery, its first use and later development. Acta oto-lar., suppl. 116, pp. 226–240 (1954).
- 19 Littmann, H.: Die schnelle Entwicklung in der Medizin erfordert völlig neue Geräte. Zeiss Werkz., Oberkochen 1: 97–98 (1953).
- 20 Littmann, G.; Wittekindt, R.: Operationsmikroskop mit neuer Photoeinrichtung und neuem Mitbeobachtertubus. Zeiss Inform., Oberkochen 13: 149–153 (1965).
- 21 Littmann, H.: Der Zeiss Lichtkoagulator nach Meyer-Schwickerath mit Xenon-Hochdrucklampe. Ber. dt. ophthalm. Ges., Heidelberg 61: 311–314 (1957).

Eingegangen: 15. April 1989

Angenommen: 24. April 1989

Dr. Wolfgang Pfeiffer

Carl Zeiss

Postfach 1369

D-7082 Oberkochen (BRD)