

# Ein Augenmodell zur Demonstration grundlegender optischer Gegebenheiten bei der Refraktions- und Brillenbestimmung

C. Ucke

Physikdepartement E 20, Technische Universität München (Leiter: Prof. Menzel)

Klin. Mbl. Augenheilk. 167 (1975) 131–133

© F. Enke Verlag, Stuttgart

**Zusammenfassung:** Es wird ein neues Augen-funktionsmodell vorgestellt, das die grundlegenden optischen Größen wie Brennweite, Brechwert, Hauptpunkt, Knotenpunkt usw. quantitativ darzustellen gestattet. Ametropien inkl. Korrektur lassen sich vorführen. Darauf aufbauend lassen sich z. B. die Abhängigkeit der Wirkung eines Brillenglases vom Hornhautscheitelabstand sowie der Einfluß des Brillenglases auf die Netzhautbildgröße demonstrieren. Die Phänomene der Skiaskopie sind gleichfalls außerordentlich anschaulich darzustellen. Zum Modell wurde eine schriftliche Anleitung entwickelt, die die Theorie, Aufgaben zum Selbsttesten und Vorschläge für Versuchsdurchführung enthält.

In der Literatur sind in letzter Zeit verschiedentlich Beschreibungen von Augenmodellen veröffentlicht worden (*Müller* 1974, *Mihok* u. *Rosenblum* 1972, *Rassow* 1972). Die Modelle dienen einerseits zu Übungszwecken für spezielle diagnostische oder therapeutische Methoden (*Rassow*), andererseits zur Unterstützung der Lehre für Fragen der Refraktion (*Mihok* u. *Rosenblum*) bzw. einfach zur Demonstration der Wirkung von Fehlsichtigkeiten (*Müller*).

Das Modell von *Rassow* (Maßstab 1 : 1) gestattet z. B. die Demonstration der Größe und Verzerrung des Brennflecks bei der Lichtkoagulation durch das *Goldmannsche* Dreispiegelglas. Das Modell von *Mihok* und *Rosenblum* (ebenfalls im Maßstab 1 : 1) verdeutlicht den Strahlengang im fehlsichtigen bzw. korrigierten Auge. Das Modell von *Müller* schließlich (Maßstab. ca. 4 : 1), das hauptsächlich für Schulen gedacht ist, erlaubt nur eine qualitative Demonstration von

## **An eye-model to show fundamental optical properties as related to refraction and glasses-testing**

A new model of the eye is presented, that can demonstrate quantitatively the principal optical concepts such as focal distance, refractive power, principal point, nodal point etc. Ametropias and their correction can be shown. This model can be used to illustrate the dependence of the vertex distance on the effective refractive power of a spectacle lens and the influence of a spectacle lens on the image size on the retina. The phenomena of retinoscopy can also be demonstrated very clearly. An instruction manual for the model exists that contains theory, control tests and suggested experiments.

Kurz- und Übersichtigkeit und entspricht darüber hinaus nicht den optischen Gegebenheiten des Auges: Der gesamte Brechwert des Auges wird in die Kornea verlegt, und die optischen Wirkungen von Kammerwasser und Glaskörper werden nicht berücksichtigt. Das letztere ist übrigens ein häufig anzutreffender Fehler bei der Darstellung der Optik des Auges in Lehrbüchern (für Schulen und Hochschulen), die nicht unmittelbar für Ophthalmologen verfaßt sind (*Ucke* 1975). Die Mißverständnisse, die dadurch entstehen, bilden ein Kapitel für sich.

Alle beschriebenen Modelle haben wegen ihrer Kleinheit bzw. ihrer speziellen Absichten nur einen sehr begrenzten Anwendungsbereich.

Um den erwähnten Nachteilen zu entgehen, wurde im Institut für medizinische Optik (Leitung: Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. *H. Schober*) vom Verfasser ein neues Augenmodell entwickelt. Das Institut für medizinische Optik

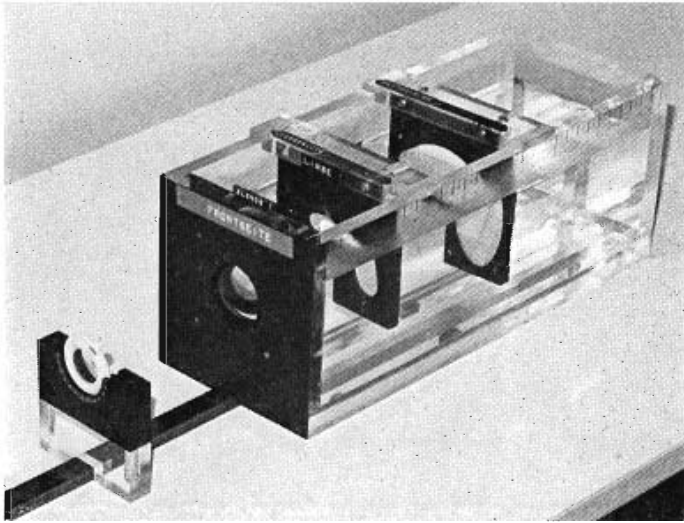


Abb. 1 Das im Institut für medizinische Optik entwickelte Augenfunktionsmodell (Maßstab:  $\sim 4:1$ ) besteht aus einem transparenten Plexiglastasten, in den eine Mattscheibe (Retina) und Linse (Augenlinse) eingesetzt und definiert verschoben werden können. Das Modell wird mit Wasser gefüllt (Kammerwasser, Glaskörper). Die Kornea ist eine sphärische Fläche entsprechender Krümmung. In einen Halter vor der Kornea lassen sich Probierrgläser einsetzen.



Abb. 2 Das Testzeichen befindet sich in einem Lampengehäuse und wird mit Hilfe einer Fresnel-Linse lichtstark beleuchtet. Es lassen sich verschiedene Testzeichen einschieben: Speichenrad, Optotypen, beleuchteter Punkt.

an der Universität München beschäftigt sich seit mehr als einem Jahrzehnt sowohl mit der physikalisch-optischen Ausbildung von Medizinstudenten vor der ärztlichen Vorprüfung (früher Physikum) als auch mit der fachärztlichen Fortbildung von Ophthalmologen in speziellen Refraktionskursen. Die dabei gewonnenen didaktischen Erfahrungen fanden Eingang in die Konzeption des Augenmodells.

Zunächst wurde das Modell für das physikalische Praktikum für Mediziner entwickelt. Die seit 1970 gültige neue Approbationsordnung legt nämlich dem Physikunterricht und insbesondere auch dem Praktikum nahe, einen Bezug zur Medizin bei den jeweiligen Versuchen herzustellen. Im Falle der geometrischen Optik bietet sich dazu ein Augenmodell an.

Bei dem neuen Modell (Maßstab ca.  $4:1$ , Abb. 1) lassen sich nicht nur bequem grundlegende optische Größen wie Brennweite, Brechwert, Hauptpunkt, Knotenpunkt, Astigmatismus, Abbildungsmaßstab, sphärische und chromatische Aberration usw. vorführen, variieren und berechnen; es ist auch möglich, Ametropien (Myopie, Hyperopie, Astigmatismus, „Aphakie“) inkl. der jeweiligen Korrektur mit Hilfe von Probierrgläsern quantitativ auszugleichen. Die Akkommodation läßt sich unter Benutzung verschieden starker Linsen bzw. mit einer speziell mit dehnbaren Folien konstruierten variablen Linse verdeutlichen. Es hat sich gezeigt, daß die Einführung eines derartigen Modells als Versuch in das physikalische Praktikum für Mediziner die Motivation der Studenten für Physik verstärkt, wenn nicht gar erst wachruft.

Im Verlauf der vom Berufsverband der Augenärzte Deutschlands am Institut für medizinische Optik abgehaltenen Refraktionskurse hat sich nun nicht selten gezeigt, daß die oben erwähnten optischen Grundgrößen nicht mit der wünschenswerten Deutlichkeit präsent waren. Das Modell läßt sich in diesem Fall zur Unterstützung der Lehre

heranziehen. Darüber hinaus kann man aber viele weitere Faktoren demonstrieren, wie beispielsweise die Wirkung des Hornhautscheitelabstandes eines Brillenglases auf die Korrektur, Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Netzhautbildes bei der Korrektur starker Ametropien, Einfluß der Pupillenweite auf die Tiefenschärfe, anamorphotische Bildverzerrung bei der Korrektur von Astigmatismus usw. Als Testzeichen lassen sich Speichenrad (Abb. 2), Optotypen oder anderes benutzen.

Die Anschaulichkeit der Demonstration dieser Einflußfaktoren im Vergleich zu der aus Lehrbüchern oft nur mühsam extrahierten Theorie läßt das Modell vorzüglich für Kliniken, Institute und Verbände geeignet erscheinen, in deren Händen eine Aus- bzw. Weiterbildung im Hinblick auf Refraktions- und Brillenbestimmung liegt.

In hervorragender Weise lassen sich an dem Modell beispielsweise auch die oft didaktisch Schwierigkeiten bereitenden Phänomene der Skiaskopie darstellen (mit einem der üblichen Skiaskope). Da man gleichzeitig die Bewegung des Lichtbandes (bei Strichskiaskopie) in der Pupille, den Strahlengang des Lichtbündels im Glaskörper des Modells (simuliert mit Fluorescein versetztem Wasser) und die Abbildung der Lichtquelle auf der Retina (Mattscheibe mit Maßstab) beobachten und auch entsprechende Korrekturen bei Ametropien vornehmen kann, läßt sich die Lehre damit unterstützen und erleichtern.

Beim Modell lassen sich im übrigen alle in einer Probierbrille verwendbaren Zusätze

benutzen, da die entsprechenden Fassungen genormt sind.

Es ist selbstverständlich nicht möglich, an dieser Stelle alle Einsatzmöglichkeiten des Modells aufzuzeigen; diese ergeben sich aus den individuellen Erfordernissen, denen das Modell aber dank einer großen Flexibilität Rechnung tragen kann.

Zum Modell wurde eine Übungsanleitung entwickelt (z. T. in Form einer programmierten Unterweisung, Ucke 1972), die in einfacher Form die Theorie zu den grundlegenden geometrisch-optischen Größen beschreibt und erklärt: Sie enthält auch Aufgaben zum Selbsttesten und Vorschläge zum Experimentieren. Die Anleitung ist an sich abgestellt auf das Wissen von Studenten im 1. und 2. Semester, dürfte jedoch als Anregung für Eigenversuche auch für Ophthalmologen geeignet sein.

In der Optik bewanderte Fachleute mögen mir dabei verzeihen, daß aus didaktischen Erwägungen heraus die Nomenklatur nicht immer der (DIN-)Norm entspricht und daß manche Vereinfachungen vorgenommen wurden. Ich meine jedoch, daß dies den Intentionen des Modells und der Anleitung keinen Abbruch tut.

#### Literatur

- Müller, J.: Augenfunktionsmodell. Phyna 135 (1974) 44  
 Mihok, T. F.: A Model for demonstrating ocular Refraction. Amer. J. Optometry 49 (1972) 1032  
 Rassow, B.: Ein Modell für das Gullstrandsche Normalauge. Ophthalmologica (Basel) 164 (1972) 143  
 Ucke, C.: Programmierte Unterweisung im physikalischen Praktikum. didakta medica, Heft 3/4 (1972) 90  
 Ucke, C.: Die Optik des Auges: Verbreitete Fehler und irrtümliche Darstellungsweisen. Physik und Didaktik 3 (1975) 22

*Dr. C. Ucke, Physikdepartment E 20 der Technischen Universität München, 8046 Garching  
 (früher wiss. Mitarbeiter am Institut für medizinische Optik der Universität München)*