

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

*Wissenschaftlicher Film C 687/1954*

Aus der Universitäts-Augenklinik Tübingen  
(Direktor: Prof. Dr. H. HARMS)

**Dreidimensionale Adapto-Perimetrie**

Von

Prof. Dr. H. HARMS

Begleitveröffentlichung von

Doz. Dr. G. MACKENSEN

GÖTTINGEN 1959

Aus der Universitäts-Augenklinik Tübingen  
(Direktor: Prof. Dr. H. HARMS)

## **Dreidimensionale Adapto-Perimetrie**

Von Prof. Dr. H. HARMS

Begleitveröffentlichung von Doz. Dr. G. MACKENSEN

Der Film zeigt die Methodik, die physiologischen Grundlagen und an einigen Beispielen die klinische Bedeutung der quantitativen Perimetrie, die sich mit der topographischen Gesichtsfeldprüfung zur „Dreidimensionalen Perimetrie“ verbindet. Durch Veränderung der Umfeldhelligkeit kann mit der quantitativen Perimetrie auch das Adaptationsvermögen jeder gewünschten Netzhautstelle geprüft werden<sup>1)</sup>.

### **I. Allgemeine Vorbemerkungen**

Die Untersuchung des Gesichtsfeldes kann in der bekannten Weise mit der topographischen Methode geschehen, indem eine Prüfmarke von bestimmtem Reizwert aus der Peripherie in Richtung auf das Gesichtsfeldzentrum geführt wird. Die graphische Verbindung aller Orte, an denen die Prüfmarke gerade eben erkannt wird, ergibt eine Linie gleicher Lichtunterschiedsempfindlichkeit, die man „Isoptere“ nennt. Je geringer der Reizwert der verwendeten Prüfmarke ist, um so dichter liegen die Isopteren am Gesichtsfeldzentrum.

Die topographische Perimetrie wird also hier mit einer bewegten Prüfmarke von gleichbleibendem Reizwert ausgeführt.

Bei der „quantitativen“ Perimetrie (BAIR, HARMS und SLOAN) wird die Netzhautempfindlichkeit an beliebig vielen Orten innerhalb eines Gesichtsfeldmeridians bestimmt. Hierbei wird die Leuchtdichte der ruhenden Prüfmarke stufenweise so lange gesteigert, bis sie gerade eben wahrgenommen wird. Diese „Schwellenleuchtdichte“ charakterisiert die Funktionshöhe der untersuchten Netzhautstelle.

---

<sup>1)</sup> Die im Film verwendeten Bezeichnungen „quantitative“ und „topographische“ Perimetrie sind inzwischen einer Vereinbarung zwischen H. DUBOIS-POULSEN, H. GOLDMANN und H. HARMS entsprechend in „statische“ und „kinetische“ Perimetrie umgeändert worden.

Die quantitative Perimetrie erfolgt demnach mit einer ruhenden Prüfmarke veränderlicher Leuchtdichte. Wenn wir uns das Gesichtsfeld nach LAUBERS Vorschlag räumlich als Insel oder Berg vorstellen, dann sind die mit topographischer Perimetrie gewonnenen Isopteren als Höhenlinien des Berges aufzufassen. Die längs eines Gesichtsfeldmeridians ausgeführten Bestimmungen der Funktionshöhe (genauer: der Lichtunterschiedsempfindlichkeit) ergeben in der Darstellung Profilschnitte durch den Funktionsberg.

So gibt erst die Verbindung von quantitativer und topographischer Perimetrie die beste Erfassung der Funktionsverhältnisse der Netzhaut. Dies gilt nicht nur für das normale Funktionsgefälle, sondern vor allem auch für krankhafte Ausfälle im Gesichtsfeld (Skotome). Nur durch die Verbindung beider Methoden kann man Ausdehnung und Tiefe eines Skotoms leicht erfassen.

Durch Änderung der Umfeldhelligkeit kann die quantitative Perimetrie bei jedem gewünschten Adaptationszustand ausgeführt werden. Die Empfindlichkeit der Netzhaut ist um so größer, je mehr das Auge dunkeladaptiert ist. Man kann deshalb mit Hilfe dieser Methode genaue Aussagen über das Adaptationsvermögen jeder gewünschten Netzhautstelle machen.

## II. Erläuterungen zum Film

### *Methodik<sup>1)</sup>*

Im methodischen Teil des Films wird zunächst die topographische und dann die quantitative Perimetrie in Trickaufnahmen und an Modellen erläutert. Die Beziehung der beiden Untersuchungsmethoden zueinander wird am Beispiel der Höhenvermessung eines Berges dargestellt. Am Modell des Fudschijama werden die Höhenlinien mit den Isopteren der topographischen Perimetrie verglichen und der Profilschnitt durch den Berg mit der durch quantitative Perimetrie gewonnenen Empfindlichkeitskurve.

Neben diesem Trickteil zeigen Realaufnahmen die Durchführung der Untersuchungen an einem Laboratoriumsgerät (Kegelperimeter). Es wird die Messung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit in einem Gesichtsfeldmeridian dargestellt. Die gewonnenen Werte werden in ein Koordinatennetz eingezeichnet. Man sieht eine normale Empfindlichkeitskurve entstehen.

Das Versuchsgerät, an das hier gerade ein Patient zur Untersuchung gesetzt wird, ist ein Perimeter, sowohl für topographische wie quantitative Perimetrie im Sinne von BAIR.

*A perimeter for experimental purposes.*

Zunächst sehen wir den bekannten Vorgang der topographischen Perimetrie.  
*Topographical perimetry.*

---

<sup>1)</sup> Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film. Die klein gedruckten Teile geben den Sprechtext wieder (kursiv Gedrucktes ist nur in der deutsch-englischen Fassung des Films enthalten).

Hier der Fixierpunkt.

*The fixation point.*

Von oben rechts wandert jetzt eine sehr lichtschwache Reizmarke herein. Sobald der Patient sie erkennt, gibt er ein Klopfschlag.

*The stimulus.*

So werden die Punkte gleicher Lichtempfindlichkeit gefunden und zu Isopteren verbunden. Nun wird mit einer Marke größerer Leuchtdichte die nächste Isoptere bestimmt und so fort. Die innere Isoptere entspricht der dunkelsten, die äußere der hellsten Reizmarke.

*The inner and outer isopteric lines correspond to minimum and maximum stimuli.*

Das Koordinatenkreuz zeigt die Lage der Isopteren. Die Perimetrie gleicht der Höhenvermessung eines Landes. Wir sehen hier den Fudschijama durch Höhenlinien dargestellt.

*Consider this contour model Fudschijama.*

Wenn wir das Modell des Berges in die Seitenansicht drehen und durch einen Schnitt zerlegen, so läßt uns sein Profil die Höhenverhältnisse besonders gut erkennen.

*Fudschijama again, a profiled view.*

Bei der Perimetrie entsprechen nun die Isopteren den Höhenlinien. Der Höhenunterschied zwischen ihnen charakterisiert die verschiedene Leuchtdichte der Reizmarken. Dieser Funktionsberg gibt die Funktionshöhe der Netzhaut in allen Bereichen wieder. Durch seine Spitze legen wir nun einen Profilschnitt.

*A vertical section through a threedimensional model of the visual field.*

Je besser die Leistung, um so niedriger ist die Schwellenleuchtdichte der Reizmarke. Sie wird in Apostilb an der Ordinate abgelesen. Solche Profilschnitte gewinnen wir mit der quantitativen Perimetrie.

*Quantitative perimetry as a means of constructing profile sections.*

In einem Meridian wird für viele Punkte die Schwellenleuchtdichte gesucht. Wir lassen die Reizmarke immer nur eine halbe Sekunde erscheinen. Jetzt, — jetzt, — jetzt — und tragen ihren Wert in ein Schema ein. Um die Lokaladaptation zu vermeiden, muß zwischen den Reizen immer eine Pause von zwei Sekunden liegen.

*Determination of threshold values as measured at different points.*

Im Zentrum wird schon eine sehr schwache Reizmarke erkannt. So entsteht aus der Bestimmung vieler Punkte der Profilschnitt.

*A profile section is plotted.*

Die Grenze zwischen dem schwarzen und weißen Bereich entspricht den Schwellenwerten, unterschwellige Reize liegen im schwarzen, überschwellige im weißen Gebiet.

### *Physiologische Grundlagen*

Bei unseren Untersuchungen haben wir bisher nur einen zentralen Gesichtsfeldbereich von 45° Durchmesser geprüft. Bestimmt man mehrere Meridiane desselben Gesichtsfeldes und fügt sie zu einem Gerippe zusammen, so läßt sich die Funktion anschaulich dreidimensional darstellen. Dieser Funktionsberg ist am helladaptierten Auge gewonnen worden.

*The central region of the visual field in the case of light-adapted eye.*

Der Gipfel entspricht der Fovea centralis. Die tiefe Einsenkung, die jetzt von der Mitte nach links wandert, ist der blinde Fleck. Jedoch ändert sich die Funktionshöhe sehr mit dem Adaptationszustand. Bei Helladaptation, also beim Zapfensehen, ist die Empfindlichkeit um so größer, je näher man dem Fixierpunkt ist. Deshalb haben die Profilschnitte einen ausgeprägten Gipfel.

*Central peak visual field with light adaptation.*

Der Film zeigt nun weiter die Änderung, die die Profilschnittkurve erfährt, wenn bei verschiedenen Adaptationszuständen untersucht wird. Neben der kurvenmäßigen Darstellung der Funktionsänderung bei unterschiedlicher Adaptation wird die Funktion im zentralen Gesichtsfeldbereich bei Helladaptation, bei Dämmerungsehen und bei Dunkeladaptation auch in dreidimensionalen Modellen gezeigt.

Hier noch einmal die Darstellung des Funktionsberges bei einem Umfeld von 100 Apostilb. Beachten Sie bitte die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche. Sie werden vor allem durch die Schatten der Netzhautgefäße verursacht, die als Furchen vom blinden Fleck aus zu verfolgen sind. Solange das Sehen bei fortschreitender Dunkeladaptation eine Zapfenfunktion bleibt, behält der Profilschnitt eine Gipfelform. In der Dämmerung aber ist die Empfindlichkeit aller Netzhautbereiche ziemlich gleich. Deshalb ist nun die Oberfläche in der plastischen Darstellung, abgesehen von den Gefäßfurchen, fast eben.

*Flattening of model peak with advanced adaptation.*

Nun nähern wir uns bei zunehmender Dunkeladaptation mehr und mehr dem reinen Stäbchensehen. Es wächst nur noch die Empfindlichkeit der extrafovealen Netzhautstellen. Dadurch entsteht eine starke Einsenkung in der Mitte der Kurven, das bekannte Dunkelskotom. Dieses relative Skotom zeigt sich in der plastischen Darstellung als tiefer zentraler Trichter.

*Central relative scotoma with complete dark adaptation.*

In welchem Umfang Zapfen und Stäbchen bei den verschiedenen Adaptationszuständen am Sehen beteiligt sind, lassen diese von 20 Personen gewonnenen Mittelwertkurven erkennen. Untersucht man 20 Personen, so streuen die gefundenen Einzelwerte.

*An examination of a group of 20 people reveals wide variations.*

Die Sigtabrechnung ergibt hier ein unregelmäßig breites Streuungsband, als Mittelwert ist Sigma  $M$  eingezeichnet. Prüft man aber eine Person 20mal, so findet sich zwar ebenfalls eine Streuung der Werte. Sie ist jedoch deutlich geringer als die des Kollektivs.

*Variations revealed by 20 examinations of a single person are much less than with the group.*

Die individuelle Kurve hat charakteristische Abweichungen vom Kollektivmittelwert. Die stärkste Streuung haben beide Kurven im Bereich von 3—15° Abstand vom Fixierpunkt gehabt. Dieser Bereich entspricht dem Gebiet besonders reicher Gefäßversorgung in der Netzhaut. Unter Umständen kann das Patientenauge während einer Untersuchung um die Blicklinie als Achse rotieren, denn der Fixierpunkt legt den Blick nur nach Höhe und Seite fest. Daß solche Verrollungen tatsächlich stattfinden, läßt sich durch Perimetrie des blinden Fleckes nachweisen. Daher kommt es, daß je nach der Lage des Netzhautmeridians eine Reizmarke, die im Perimeter immer an

derselben Stelle liegt, sich einmal auf einem Netzhautgefäß, das andere Mal daneben abbildet. Der Schwellenwert muß dann verschieden hoch sein, weil durch das Gefäß Licht absorbiert wird.

*Such wide deviations are due to richer distribution of blood vessels and slight rotary movements of the globe.*

Auf dieser Lichtabsorption durch die Netzhautgefäße beruht auch die Möglichkeit, mit der quantitativen Perimetrie Angio-Scotome genau zu bestimmen.

*Testing of angio-scotomae.*

So empfindlich können wir perimetrieren, wenn wir genügend kleine Reizmarken wählen.

### *Klinische Anwendung*

Eine vollständige Gesichtsfeldprüfung ist grundsätzlich sowohl mit der topographischen wie auch mit der quantitativen Perimetrie möglich.

Der Funktionsberg läßt sich nur vollständig erfassen, wenn wir entweder unendlich viele Isopteren oder unendlich viele Meridiane bestimmen. Das ist jedoch nicht möglich. In der Praxis können wir dagegen nur einige Isopteren oder nur wenige Meridiane prüfen. Damit bleiben große Lücken. Viel besser ist es deshalb, topographische und quantitative Perimetrie zur dreidimensionalen Perimetrie zu verbinden.

Dieser für die Anwendung und die Verknüpfung beider Methoden wichtige Gedankengang wird noch einmal im Zeichentrick bildlich erläutert.

Damit können wir bei tragbarem Zeitaufwand alle wichtigen Störungen erfassen. Das soll jetzt an einigen Beispielen gezeigt werden.

*Topographical and quantitative perimetry combined in threedimensional perimetry.*

Wir nennen die Isopteren und Meridiankurven, die die wesentlichen krankhaften Veränderungen eines Gesichtsfeldes erfassen, „kritische“ Isopteren und „kritische“ Meridiane. Das erste Beispiel zeigt, wie sie im Wechsel von topographischer und quantitativer Perimetrie gefunden werden.

Erstes Beispiel: Juveniles Glaukom

*Juvenile Glaucoma*

Am linken Auge wird zunächst der 45°-Meridian quantitativ bestimmt. Wir entnehmen aus dem Vergleich mit der Normalkurve, daß der Rand des Funktionsberges besonders bedroht ist. Deshalb bestimmen wir in dieser Höhe, also mit einer Reizmarke von 10 Apostilb Leuchtdichte, diese kritische Isoptere.

*The critical isopteric line.*

Sie zeigt eine auffällige Einengung innen unten. Anschaulicher ist die dreidimensionale Darstellung. Nach der Einengung der Isoptere ist bei 135° ein kritischer Meridian zu erwarten.

*The critical meridian at 135 degrees.*

Seine quantitative Bestimmung bestätigt die bereits vermutete starke Schädigung. Aus der Form des Profilschnittes ist wiederum zu entnehmen, daß auch die Isoptere für 31 Apostilb gestört sein muß. Schließlich bestimmen wir, um eine genaue Kontrolle der wichtigen parazentralen Bereiche zu sichern, noch die 5-Apostilb-Isoptere.

*A successful combination of topographical and quantitative perimetry.*

So zeigt uns eine überlegte Verbindung von quantitativer und topographischer Perimetrie die Lage der kritischen Stellen im Gesichtsfeld und gibt uns die Möglichkeit, sie genau zu kontrollieren. Dazu ist nicht mehr als die Bestimmung von 3 Isopteren und 2 Meridianen erforderlich.

Zweites Beispiel: Glaukoma Simplex

*Simple glaucoma*

An diesem Beispiel soll vor allem demonstriert werden, daß die quantitative Perimetrie in der Lage ist, kleine, für die Beurteilung wichtige Skotome exakt nachzuweisen.

Am Goldmann-Perimeter wird das Gesichtsfeld des linken Auges geprüft und ein großer Ausfall innen unten gefunden. Bei  $135^\circ$  liegt demnach ein kritischer Meridian. Seine quantitative Prüfung läßt drei kritische Isopteren bei 10, 31 und 1000 Apostilb erkennen. Wegen der Einengung der Isopteren wird zusätzlich der  $45^\circ$ Meridian bestimmt. Ganz unerwartet wird nun ein Skotom nahe am Fixierpunkt durch die unbewegte Marke der quantitativen Perimetrie entdeckt, das vorher die bewegte Marke der topographischen Perimetrie überfahren hatte.

*A scotoma discovered by the stational stimulus used in quantitative perimetry.*

Drittes Beispiel: Tapetoretinale Degeneration

*Pigmentary degeneration*

Der kleine, zentrale Gesichtsfeldrest bei einer fortgeschrittenen Pigmentdegeneration kann oft nur schwer kontrolliert werden.

Bei Helladaptation ist dieser Gesichtsfeldrest für eine genaue Kontrolle zu klein. Verdunkeln wir aber das Umfeld und ändern aus methodischen Gründen den Adaptationszustand, so wächst die Empfindlichkeit und der Profilschnitt.

*Enlargement of the profile section can be obtained by alteration of the light adaptation.*

Viertes Beispiel: Ringskotom nach Inanition

*Annular scotoma caused by inanition*

Strittig war, ob es sich um eine isolierte Zapfenstörung handeln könnte. Da bei zunehmender Dunkeladaptation im Skotombereich keine Stäbchenfunktion einsetzt, ist eine Schädigung der Nervenfasern anzunehmen.

*Cones not affected. Lesions of nerve fibres.*

Fünftes Beispiel: Makulaloch bei Sklerose der Netzhautarterien

*Macular sparing caused by vascular sclerosis*

Der Film zeigt, wie in diesem Fall die Anwendung von gefäßerweiternden Mitteln dazu führte, daß die geschädigten Netzhautbereiche in der Umgebung der Makulalöcher ihre Funktion wieder besserten. Auf diese Weise konnte eine beschränkte Lesefähigkeit wiederhergestellt werden. Mit Hilfe der quantitativen Perimetrie war die Wirksamkeit des Gefäßmittels gut zu kontrollieren.

Auch die umgebende Netzhaut war erheblich gestört. Eine einzige Gabe eines gefäßerweiternden Mittels besserte in einer halben Stunde die Gesichtsfeldstörungen merklich.

*Immediate relief after application of vasa dilator.*

Die Behandlung wurde fortgesetzt. Unter Remissionen steigerte sich die Funktion in wenigen Wochen beträchtlich durch Erweiterung des Gesichtsfeldes und Verkleinerung des zentralen Skotoms. Hier eröffnet unsere präzise Perimetrie neue Möglichkeiten, eine Behandlung zu finden und zu steuern.

Sechstes Beispiel: Hypophysentumor

*Pituitary tumor*

Bei sonst uncharakteristischen parazentralen Ausfällen deutet sich nur in den oberen äußeren Quadranten eine bitemporale Hemianopsie an. Wegen einer vermuteten Arosion des Sellabodens wurde eine Röntgenbestrahlung vorgenommen.

*First X-ray treatment.*

Danach besserte sich das Gesichtsfeld während der nächsten zwei Monate. Weitere zwei Monate später im August ist wieder eine Verschlechterung festzustellen, die vom Patienten jedoch nicht bemerkt wurde. Eine zweite Röntgenbestrahlung ergab im November 1953 nur eine geringfügige Verbesserung, die auch nur von kurzer Dauer war.

*Second X-ray treatment.*

Von Dezember 1953 an entwickelte sich dann ziemlich rasch das typische Bild einer bitemporalen Hemianopsie. Somit war die mangelhafte Wirkung der Röntgenbestrahlungen bewiesen. Deshalb nun der Entschluß zur Operation. Vier Wochen danach sind die Gesichtsfeldausfälle fast völlig verschwunden. So kann die dreidimensionale Perimetrie auch über den Rahmen der Augenheilkunde hinaus entscheidende Hinweise für Diagnose und Therapie geben. Alle unsere Beispiele betrafen nur den zentralen Gesichtsfeldbereich, aber es ist notwendig, das ganze Gesichtsfeld zu untersuchen. Als neues Gerät zu wissenschaftlichen Zwecken wurde für die Deutsche Forschungsgemeinschaft bei Schmidt und Hensch ein großer Halbkugelperimeter gebaut.

*A newly developed perimeter for scientific research.*

Für Klinik und Praxis ist ein anderes Perimeter bei Carl Zeiss nach denselben Grundsätzen entwickelt worden.

*A new and smaller perimeter for eye clinics and oculists. These equipments will considerably assist the further development to threedimensional adaptoperimetry.*