Die Genauigkeit der Ophthalmometer-Messungen.

Von

Hermann Aubert.

In einem früheren Aufsatze¹⁾ habe ich mittelst eines nach dem von Helmholtz'schen Principe construirten, dem von Helmholtz'schen ähnlichen Ophthalmometer die Krümmung der menschlichen Hornhaut zu bestimmen gesucht, und bin dabei zu dem Resultate gekommen, dass der mittlere Theil der Hornhaut, welcher für die Interessen des scharfen Sehens in Betracht kommt (Polarzone oder optische Zone) ohne Fehler als Kugeloberfläche angenommen werden kann, während der peripherische, von mir als „Sklerazone“ bezeichnete Umkreis eine etwas flachere Krümmung hat, dass aber eine elliptische Kurve für die ganze Hornhaut nicht herausgerechnet werden konnte.

Für die a priori sich einer Ellipse am besten anschmiegende Krümmung auch der menschlichen Hornhaut²⁾ scheinen die bisherigen Messungen nicht genau genug, um aus ihnen eine bestimmte Ellipse zu construiren. Ich nahm daher alsbald unter Beihülfe des Custos des physiologischen Instituts, Herrn Mechanikus Westien, Verbesserungen an dem schon vervollkommenen Ophthalmometer und Versuche mit demselben vor, welche sich zunächst auf die Einführung eines feineren leuchtenden, von der Hornhaut zu spiegelnden Objectes bezogen.

Es wurden also 1) statt der langen Gasflammen, welche mir zu dick schienen, um eine feine Einstellung der fadenförmigen Halbbilder zu einem Ganzbilde zu ermöglichen, dünne Platindrähte angewendet, welche, wenn sie durch den electrischen Strom zum Glühen gebracht werden, sehr feine, hellleuchtende Linien bilden. Diese feinen Linien geben, von der Hornhaut gespiegelt, Bilder im

1) Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. 35, 1885. S. 600.

2) L. Matthiessen, Grundriss der Dioptrik. 1877. S. 221 u. f.

Ophthalmometer, welche ohne merkliche Dicke erscheinen, und welche 2) eine grössere Annäherung des leuchtenden Objectes und damit des ganzen Ophthalmometers an das Auge gestatten. Die Spiegelbilder der glühenden Platindrähte erscheinen bei der 34-maligen Linearvergrösserung des Ophthalmometerfernrohres in 615 mm Entfernung von der Hornhaut als Linien ohne Durchmesser und können bei der Vereinigung der Halblinien zu einer Ganzlinie, wie es scheint, mit äusserster Genauigkeit eingestellt werden. Diese Entfernung von 615 mm wurde gewählt, um einerseits von dem beobachteten Auge weit genug ab zu sein, damit etwaige, unvermeidliche kleine Bewegungen des Kopfes ohne Einfluss auf die Messung bleiben, ebenso die kleinen Verschiedenheiten der Kopfhaltung bei der Beobachtung der Augen verschiedener Individuen keine Fehler veranlassen — um andererseits ein so grosses Gesichtsfeld des Fernrohres zu haben, dass man die ganze Hornhaut nebst den Skleralgrenzen übersehen kann: es beträgt bekanntlich der Durchmesser der Hornhautbasis etwa 12 mm — das Gesichtsfeld des Fernrohrs hat 16 mm Durchmesser, man kann also die von diffusem Lichte beleuchtete Hornhaut überschauen, kann auch Iris und Pupille deutlich und scharf begrenzt sehen, gleichzeitig auch mittelst eines Ocularmikrometers, oder mit Hilfe eines dicht vor dem Auge befestigten Glasmaassstabes die Lage einzelner Theile auf der Hornhaut messen, z. B. den Ort, auf welchem die Spiegelbilder von einem leuchtenden Punkte entworfen werden, sowie die Bewegungen, welche Spiegelbilder auf der Hornhaut machen. Die diffuse Erhellung der Hornhaut darf nur mässig sein, so dass sie die Deutlichkeit der Spiegelbilder des Ophthalmometers nicht beeinträchtigt, sie kann bei passender Lichtstärke durch Verminderung der Irradiation sogar günstig auf die Genauigkeit der Einstellung der Spiegelbildchen einwirken.

Bei dem von Helmholtz'schen Ophthalmometer beträgt die Entfernung des beobachteten Auges von der Lichtflamme 2120 mm — bei meinem früheren 910 mm bis 1010 mm. — 3) Auch dieses Instrument bleibt an Ort und Stelle und ist auf starkem Gestell so unverrückbar befestigt, dass keinerlei Verschiebung in irgend einer Richtung, namentlich auch keine Lageveränderung der Steinheil'schen Platten oder der leuchtenden Platindrähte stattfinden kann.

Indess die Zahlen, welche wir in verschiedenen Beobachtungs-

reihen an den Augen unter gleichen Bedingungen erhielten, differirten trotz der Feinheit der leuchtenden Objecte, trotz der Genauigkeit der Einstellungsmechanik, trotz der Vorzüglichkeit der Steinheil'schen Platten und Linsen fast eben so sehr, wie die früheren. Ich werde zunächst eine Uebersicht der Resultate in mm-Radius der beobachteten Flächenelemente geben, welche übrigens an denselben Augen, von denselben Beobachtern (Aubert und Westien) ermittelt sind. — Ich bemerke dazu nur noch, dass die leuchtenden Platindrähte nur 100 mm von einander, je 50 mm von dem Mittelpunkte des Ophthalmometer-Objectivs entfernt sind, dass das beobachtete Auge auf besondere Fixationspunkte, welche $9^{\circ} 16'$ — $18^{\circ} 32'$ — $27^{\circ} 48'$ von 0° , dem Mittelpunkte des Objectivs nach rechts und links hin im Kreise gelegen sind, gewendet wurde. Die Zahlen der Tabellen entsprechen übrigens, ebenso wie in der früheren Mittheilung von 1885, der natürlichen Lage der Augen, indem T die temporale, N die nasale Seite bedeutet. Die Zahlen der ersten Reihe sind von 1886er, die Zahlen der zweiten Reihe von 1890er Beobachtungsreihen; die dritte Reihe enthält zum Vergleiche mit unsern früheren Beobachtungen die Zahlen aus 1885, bei welchen aber die Winkel, um welche das Auge gewendet wurde, etwas grösser waren, nämlich 29° statt $27^{\circ} 48'$ und 12° statt $9^{\circ} 16'$ betrugen.

(s. Tabelle I.)

Als Beispiel der Schwankungen, welche in einer und derselben Reihe von Beobachtungen an ein und demselben Individuum, in ein und derselben Woche unter ein und demselben Einsteller und Ableser sich ergeben haben, möge die folgende, der ersten entsprechend angeordnete Tabelle II dienen.

(s. Tabelle II.)

Aus den in diesen beiden Tabellen unter sorgfältigster Beobachtung und grösster Aufmerksamkeit gewonnenen Zahlen muss ich zunächst den Schluss ziehen, dass es vollkommen genügt, **zwei** Decimalstellen anzugeben, dass eine grössere Zahl von Decimalen, wie die Rechnungen sie bei Anwendung von Logarithmen allerdings liefern, unberücksichtigt zu lassen und zu streichen ist, da sie nur schädliche Illusionen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ophthalmometrie erzeugen kann.

Sodann frage ich: können Zahlen von einer derartigen Unsicherheit, wie die Tabellen, namentlich Tabelle II, sie zeigt, zur Berechnung einer Ellipse, welcher die Hornhautkrümmung sich anschmiegen mag, benutzt werden? Ich getraue mich nicht, eine bestimmte Antwort zu geben und zwar aus folgenden Gründen:

1) Alle überhaupt bisher mit dem Ophthalmometer gefundenen Werthe für die Hornhautkrümmung zeigen eine Zunahme der Krümmungsradien von dem Hornhautscheitel nach der Skleragrenze hin und zwar eine stärkere Abflachung nasalwärts, was für die Annahme einer Ellipse, deren lange Axe nicht mit der Hornhautaxe zusammenfällt, sprechen würde;

2) die Anzahl der Punkte, deren Krümmung gemessen worden ist, erscheint für eine sichere Berechnung des Ellipsenstückes zunächst des horizontalen Meridians zur Zeit noch zu klein;

3) dass die Hornhaut an irgend einer Stelle kreisförmig sei, ist aus den ophthalmometrischen Messungen noch viel weniger zu vermuthen, als dass sie elliptisch sei — die Annahme des Kreises kann vielmehr nur von dem Gesichtspunkte aus vertheidigt werden, dass wir es dabei mit einer für unsre Auffassung sehr einfachen und uns geläufigen, für die Rechnung bequemen Curve zu thun haben;

4) ebenso wenig, wie man zur Annahme eines Kreises für den mittleren Theil des horizontalen Meridians der Hornhaut nach Aussage der Messungen berechtigt ist, ebenso wenig ist man zur Annahme einer bestimmten zu Grunde zu legenden Ellipse berechtigt; die in der Tabelle II verzeichneten Schwankungen sprechen dagegen.

Das wichtigste Ergebniss der angeführten Messungen scheint mir aber darin zu liegen, dass die Differenzen für ein und dasselbe Flächenelement sich in ganz verschiedenem Sinne geltend machen und daher entweder in Fehlern des Apparates oder in Fehlern der Beobachtungsmethode begründet sein, in beiden Fällen aber eliminirbar sein müssen.

Dazu wird es zweckmässig sein, statt des Auges mit unbekannter Hornhautkrümmung ein Object zur Controlbeobachtung zu benutzen, welches eine bestimmte, einfache Form, also eine kugelförmige Krümmung hat und zwar eine Kugel von bekanntem Radius. Eine derartige kugelförmige Glaslinse haben wir schon bei

unserer ersten Versuchsreihe¹⁾ zur Prüfung des Ophthalmometers benutzt: eben dieselbe Linse hat uns jetzt wieder zur Controle gedient und ausserdem sehr wesentliche Dienste für eine weitere Untersuchung geleistet.

Die planconvexe Glaslinse von genau 10 mm Radius wurde an Stelle des Auges, 615 mm von den Platindrähten entfernt, fest aufgestellt und die Ophthalmometerplatten möglichst genau eingestellt, dass die beiden mittleren Halbbilder zu einer einfachen Ganzlinie verschmolzen: bei einer grösseren Zahl von Einstellungen ergaben sich unmittelbar nach einander sehr verschiedene Ablesungen an dem Theilkreise des Ophthalmometers, nämlich die Winkelwerthe $23^{\circ} 30' - 23^{\circ} 35' - 23^{\circ} 19' - 23^{\circ} 49' - 23^{\circ} 57' - 23^{\circ} 45'$ und $23^{\circ} 40'$, im Mittel $23^{\circ} 42'$, die maximale Differenz beträgt also $38'$. Auf Radien für 615 mm Distanz berechnet ergeben $23^{\circ} 19' = 10,08$ mm und $23^{\circ} 57' = 10,37$ mm, — also eine Differenz $= 0,25$ mm Radius. Diese bedeutende Differenz ist einzig die Folge des jedesmaligen subjectiven Ermessens, wie man die Halbbilder als am genauesten eingestellt beurtheilt — wovon wir uns vielfach durch Versuche überzeugt haben. Hat man z. B. auf $23^{\circ} 30'$ eingestellt, so sieht man die Halbbilder als eine gerade, ungeknickte Linie, stellt man sie allmählich weiter, so sieht man erst bei $23^{\circ} 10'$, dass die Sammellinie ein klein wenig klafft, — sind die beiden Halbbilder erst nach der einen, dann nach der andern Richtung verschoben gewesen, und werden dann vereinigt, so kann die Differenz bei der Vereinigung noch grösser ausfallen. — Da für jede Beobachtung zwei Einstellungen zu machen sind, so kann bei einer Fehlergrenze von $20'$ (oder 0,149 mm) der Fehler der Einstellung bei Verdoppelung $40' = 0,29$ mm Radius gegenüber der eben so gut möglichen gegenseitigen Aufhebung zu $0'$ betragen.

Man kann wohl annehmen, dass diese Fehlergrenze für die Mehrzahl der Einstellungen nicht erreicht wird, und dass sie durch sehr viele Beobachtungen ausgeglichen wird, indess zeigen doch auch diese Controlversuche an der Glaslinse, dass die 3. Decimale illusorisch und die Berechnung einer bestimmten Ellipse unsicher ist.

Diese Einstellungsfehler sind schon für eine einzelne Einstellung gross genug, um kleine Bewegungen der Glaslinse um

1) Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 35, S. 606.

3--4 mm nach rechts oder links, näher oder ferner ganz zu verdecken oder untermerkleich zu machen; es ist von Interesse, festzustellen, dass die kleinen unvermeidlichen Bewegungen des Kopfes des Untersuchten keinen Einfluss auf die ermittelten Werthe haben.

Ob der Einstellungsfehler vermindert werden kann, werden wir später zu erwägen haben.

Die Grösse des Gesichtsfeldes, die Vergrösserung und die Aufstellung des neuen Ophthalmometers gestatteten nun noch weitere Versuche sowohl über die von der Glaslinse zurückgeworfenen Spiegelbilder, als auch Versuche am Auge anzustellen, welche durch die Erfahrungen an der Glaslinse eine befriedigende Erklärung finden: Die ganze Theorie und Construction des Ophthalmometers fordert, 1. dass die beiden leuchtenden Objecte möglichst nahe und gleichweit von der Mitte des Objectivs abstehen, 2. dass das beobachtete Auge erheblich weiter vom Objectiv entfernt ist, als die leuchtenden Objecte von einander, 3. dass die Ophthalmometeraxe genau senkrecht auf das zu messende Flächenelement gerichtet ist, also die beiden Bilder der Steinheil'schen Platten genau gleich weit von der wahren Mitte des Gesichtsfeldes entfernt stehen. — Dennoch erscheint es aus manchen Gründen wissenswerth, wie sich die Spiegelbilder verhalten, wenn das leuchtende Object von einem peripherisch gelegenen Punkte aus sich auf der Glaslinse oder auf der Hornhaut spiegelt.

Bisher wurden denn auch die Messungen fast immer ¹⁾ in der Weise ausgeführt, dass das beobachtete Auge den Mittelpunkt des Objectivs fixirt, darauf nach einem um einen gewissen Gradbogen entfernten Punkt gewendet wird, den es fixirt, dann auf einen um noch mehr Grade entfernten Punkt, den es festhält und sofort. Die verschiedenen zu messenden Punkte der Hornhaut werden also durch Drehungen des Augapfels um seinen Drehpunkt nach einander dem Ophthalmometer präsentirt ²⁾. — Die Punkte der Hornhaut können aber ein Spiegelbild auch von leuchtenden Objecten, welche peripherisch gelegen sind, erhalten: zu

1) Nur Woinow (Ophthalmometrie 1871, S. 53) hat das Ophthalmometer, wie es scheint, bei einem Theile seiner Versuche mit dem Spiegelapparat verschoben und die Spiegel perpendicular zur Ophthalmometeraxe eingestellt.

2) Cf. Matthiessen in Michel's Jahresbericht für Ophthalmologie XIX für 1889, S. 38.

diesem Zwecke wurde ein Metallbogen von 70° mit einem Radius 615 mm an dem Objectivende des Ophthalmometers, um die ideale Axe des Fernrohrs drehbar, befestigt und ihm zunächst eine genau horizontale Lage gegeben, so dass er auf jeder Seite einen Bogen von 35° bildete. An diesem festen Metallbogen sind Platindrähte isolirt in gleicher Weise wie neben dem Objectiv des Fernrohrs festgestellt, welche je zwei vermöge eines Umschalters durch den electrischen Strom glühend gemacht werden. Die 8 Platindrähte sind je 100 mm ($9^\circ 16'$) von einander entfernt und so angeordnet, dass ihre Halbbilder durch die Ophthalmometerplatten zu einem Ganzbilde vereinigt werden. Ausserdem sind als Fixationspunkte je 100 mm von der Mitte des Fernrohrobjektivs und weiterhin je 100 mm von einander abstehend nach dem beobachteten Auge hin gerichtete Stifte angebracht, welche bei richtiger Fixation und Kopfhaltung in totaler Verkürzung erscheinen müssen. Glühdrähte und Fixationsstifte sind also je 50 mm von einander entfernt. Für die Hornhaut und das Ophthalmometer fallen nun aber die Spiegelbilder der Glühdrähte auf ganz andere Punkte der Hornhaut, wenn das Auge die Mitte des Fernrohrobjektivs fixirt, als wenn das Auge auf den entsprechenden Fixationsstift gerichtet ist und diejenigen beiden Platindrähte glühen, welche sich neben dem Objectiv befinden.

Wie Matthiessen l. c. zuerst in Erinnerung gebracht hat, misst man bei Wendung des Auges ein „Flächenelement der Hornhaut, welches zur Axe des Ophthalmometers nicht senkrecht steht, sondern ein anderes, welches dem Scheitel näher gelegen ist.“ Man kann sich von der richtigen theoretischen Betrachtung Matthiessens leicht durch die directe Beobachtung überzeugen, wenn man, um den Ort, auf welchen das Spiegelbild bei Wendung des Auges fällt, festzustellen, bei diffus beleuchtetem Auge, vor welchem ein Glasmaassstab aufgestellt ist, beobachtet: das Bild wandert alsdann von dem Scheitel der Hornhaut ein klein wenig fort¹⁾.

1) Schon vor Jahren hat mein College, Professor Matthiessen mich darauf aufmerksam gemacht, dass der ophthalmometrischen Methode eine geometrische Unrichtigkeit zu Grunde liegt, indem vorausgesetzt wird, dass q^0 mit der Gesichtslinie zusammenfalle, was auch für sphärische Krümmungen nicht einmal zutreffen würde. Das Ophthalmometer würde immer auf einen Punkt gerichtet sein, welcher neben dem Punkte liegt, welchen die Gesichtslinie auf der Hornhaut schneidet. Matthiessen hat schon in seinem Grundriss der Dioptrik S. 248 eine Methode vorgeschlagen, mittelst welcher

Ganz anders gestaltet sich aber die Lage der Spiegelbilder, wenn die Glühdrähte peripherisch gelegen sind und die Glaslinse oder die Hornhaut in der Axe des Ophthalmometers liegt. Das Spiegelbild der glühenden Drähte ist dann sehr viel näher dem Scheitel des Convexspiegels gelegen, nämlich ungefähr halb so weit von dem Scheitel entfernt, als der glühende Platindraht vom O-Punkte des concentrischen Metallbogens, also bei 30° Winkelentfernung des leuchtenden Objectes von dem Mittelpunkte des Fernrohrobjectivs liegt das Spiegelbild in etwa 15° Entfernung von dem Scheitel der Glaslinse. Von diesem für kugelförmige Convexspiegel längst feststehenden Satze kann man sich für unsere Glaslinse und für das Auge mittelst des Fernrohrs des Ophthalmometers (auch bei Parallelstellung der ebenen Platten) leicht überzeugen. Stellt man vor der diffus beleuchteten Glaslinse von 10 mm den einen Glasmaassstab auf und lässt eine Lichtflamme von dem O-Punkte des Bogens bis zu den Fixirstifte bei 28° wandern, so legt das Spiegelbild eine Strecke von 2,5 mm zurück: diese Strecke entspricht einer Wanderung um 15° — bei grösseren Bögen, welche das Licht beschreibt, fanden wir immer den halben Bogen von dem Spiegelbilde durchwandert, bis endlich bei 90° das Spiegelbild plötzlich verlöscht. — Befestigt man einen gläsernen Maassstab vor dem beobachteten Auge und lässt die Lichtflamme an dem Bogen von rechts nach links um 55° wandern, so durchmisst das Spiegelbild der Hornhaut einen Weg von genau 4 mm, was für die Hornhaut mit einem Radius von etwa 7,6 mm einem Bogen von etwa 30° entsprechen würde; schon bei 80° Wanderung der Lichtflamme peripheriewärts verlöscht das Spiegelbild der Hornhaut. — Leider werden bei peripherischer Lage des leuchtenden Objectes die Spiegelbilder so complicirt (da sie Beugungen und Verkleinerungen erfahren), dass vor der Hand an eine Verwerthung derselben zur Bestimmung der Hornhautkrümmung kaum zu denken ist¹⁾.

man die Hornhautaxe direkt bestimmen kann. Wegen der Kleinheit des Winkels glaubte M. damals diesen principiellen Fehler vernachlässigen zu können „und den $< \alpha$ als denjenigen betrachten zu können, welchen die Normale des Meridianelementes mit der Hornhautaxe bildet.“

1) Sehr anschaulich wird der Strahlengang in den geometrisch ganz genauen Zeichnungen in Engel und Schellbach, Darstellende Optik. Taf. VIII, Fig. 3.

Ich möchte nun endlich noch die Thatsache hervorheben, dass bei ruhendem Auge und peripherisch gelegenen leuchtenden Objecten die Spiegelbilder zu unrichtigen Anschauungen der Krümmungsverhältnisse der Hornhaut führen: je weiter das leuchtende Object nach der Peripherie hin rückt, um so schiefer erscheint es gegen die Ophthalmometeraxe, um so kleiner erscheint das Sammelbild, mag die Hornhaut kugelig oder ellipsoidisch sein. Bei der kugelförmigen Glaslinse nehmen in Folge der Winkelstellung der Lichtflamme gegen die Ophthalmometeraxe die ophthalmometrisch gemessenen Winkel und daher die berechneten Krümmungsradien immer mehr ab, je weiter von dem Scheitel das Spiegelbild sich entfernt: glühen die Drähte I, I (in 0° des Metallbogens), so beträgt der Radius des Bogens der Glaslinse zwischen $23^\circ 57'$ und $23^\circ 19'$ — glühen die Drähte III, IV (in 28° von dem Centrum des Fernrohrs), so betragen die Werthe nur zwischen $23^\circ 14'$ und $22^\circ 52'$, also differiren sie mehr, als durch Einstellungsfehler erklärt werden kann — und in gleichem Sinne zeigt sich die Zusammenschiebung der Spiegelbilder am Auge bei zunehmend peripherischer Lage des leuchtenden Objectes. — Für die an den Augen ermittelten Werthe habe ich die folgende Tabelle III zusammengestellt, in welcher die Grade für das bewegte Auge den Winkel angeben, um welchen das Auge gewendet worden war — für das ruhende Auge aber den Winkel, um welchen das leuchtende Object von der Ophthalmometeraxe entfernt war.

(s. Tabelle III.)

Für das ruhende Auge zeigt sich also fast durchgehends bei allen sechs Augen eine Abnahme der Werthe peripheriewärts, während für das gewendete Auge das umgekehrte stattfindet. Es ist dabei aber in Anschlag zu bringen, dass für das ruhende Auge die Winkel zu halbiren sind, da bei einem Winkel von 9° das Spiegelbild nur $4\frac{1}{2}^\circ$, für 18° das Spiegelbild nur 9° , für 27° nur 14° von dem Scheitel der Hornhaut entfernt sind, also Flächenelemente gemessen sind, welche eine ganz andere Stelle auf der Hornhautoberfläche einnehmen, als wenn das Auge um die gleiche Zahl von Graden gewendet worden ist.

Als Schlussresultat meiner Untersuchungen möchte ich einige Vorschläge zur weiteren Vervollkommnung der Ophthalmometrie zu machen mir erlauben. Dieselben bestehen darin, dass man

Tabelle III zu S. 635.

	T.				Linkes Auge:				N.				Rechtes Auge:				N.				T.			
	$27\frac{3}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$9\frac{1}{4}^0$	0^0	$9\frac{1}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$27\frac{3}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$9\frac{1}{4}^0$	$27\frac{3}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$9\frac{1}{4}^0$	0^0	$9\frac{1}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$27\frac{3}{4}^0$	$27\frac{3}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$9\frac{1}{4}^0$	0^0	$9\frac{1}{4}^0$	$18\frac{1}{2}^0$	$27\frac{3}{4}^0$	$27\frac{3}{4}^0$
Aubert:																								
bewegt	8,63	7,86	7,58	7,80	7,71	8,04	[11]			9,41	7,95	7,67	7,55	7,57	7,79	8,38								
ruhend	7,32	7,57	7,44	7,75	7,53	7,72	7,64			7,60	7,59	7,48	7,59	7,49	7,58	7,43								
Westien:																								
bewegt	7,78	7,75	7,63	7,43	7,58	7,71	8,96			8,36	7,83	7,54	7,51	7,54	7,78	8,03								
ruhend	7,32	7,47	7,32	7,49	7,27	7,32	7,41			7,42	7,53	7,59	7,56	7,42	7,43	7,36								
Moeller:																								
bewegt	8,50	8,14	8,01	8,08	8,19	8,83	?			?	8,61	8,20	8,08	8,06	8,03	8,60								
ruhend	7,64	7,81	7,93	8,03	7,94	7,98	7,98			7,97	8,01	7,83	7,83	7,91	7,88	7,78								

1. die Einstellungsfehler zu verkleinern sucht dadurch, dass man das Ophthalmometer von dem beobachteten Auge weiter entfernt, zugleich die Vergrößerung erhöht, das Gesichtsfeld aber eben so gross lässt;

2. dass man die leuchtenden Drähte so nahe aneinander bringt (zur Beschränkung des zu messenden Hornhautbogens), wie es das Bild auf der Hornhaut nur irgend erlaubt, ohne Beeinträchtigung der Deutlichkeit des immerhin sehr kleinen Spiegelbildes der Hornhaut;

3. dass man bei Wendungen des Auges das Ophthalmometer an Ort und Stelle lässt und ebenso das leuchtende Object, dass man aber durch Kopfwendung und Ortsveränderung der beobachteten Person die Winkelstellung des Auges verändert und dann die Krümmung des Flächenelementes der Hornhaut misst. — Dabei würde dann durch Drehung des Ophthalmometers um seine Axe dasjenige Flächenelement aufzusuchen sein, welches den wirklichen Hornhautradius mit der Ophthalmometeraxe zusammenfallen lässt.

4. Weitere Controlversuche würden dann durch Beobachtungen über die Wanderung des Spiegelbildes auf der diffus beleuchteten Hornhaut bei peripherischer Lage des leuchtenden Punktes und Verschiebung desselben bezüglich der Feststellung der Ellipse anzustellen sein. Diese Versuche bedingen eine diffuse Beleuchtung, deren Helligkeit gegen die Helligkeit der Spiegelbilder so abzumessen sein würde, dass letztere deutlich erkennbar und messbar sind.

5. Dazu würde weiter die Methode Matthiessen's (cf. Dioptrik 1877, S. 248 u. f.) in Anwendung zu bringen sein, nach welcher man den Scheitel des horizontalen Meridians direct bestimmt, indem man a) das beobachtete Auge eine Marke seitwärts ($q^1 + \alpha$) fixiren lässt, darauf b) die Steinheil'schen Platten in die genau entgegengesetzte Lage bringt und c) das beobachtete Auge sich so weit nach der entgegengesetzten Seite ($q - \alpha$) wenden lässt, bis wieder Coincidenz der Spiegelbilder eintritt; dabei darf das Ophthalmometer nicht weiter berührt werden. — Ein zu diesem Zwecke construirter Apparat ist auch von von Helmholtz (Physiologische Optik 1886, S. 21) beschrieben worden.

Die fernere Aufgabe, eine Curve zu bestimmen, welcher sich die Form der Hornhautcurve (zunächst

für den horizontalen Meridian) an s c h m i e g t, würde nach Feststellung des $\angle \alpha$ in der Weise zu berechnen sein, wie man aus den Gradmessungen der Erdmeridiane die elliptische Gestalt derselben bestimmt hat, indem man aus den Combinationen der einzelnen gemessenen, näher oder weiter von einander entfernten Punkten die wahrscheinlichen Curven bestimmt und aus denselben das Mittel nimmt. Dabei wird sich dann ergeben, ob diese Curve eine geschlossene ist, ob sie ein Kreis, eine Ellipse, eine Parabel oder Hyperbel ist, und welcher dieser Curven die gemessene Krümmung der Hornhaut am nächsten kommt.

Mit Hilfe meines verehrten Collegen, Herrn Professor Matthiessen, welchem ich viele Belehrungen auch für die bisherigen Beobachtungen verdanke, hoffe ich weitere Untersuchungen der menschlichen Hornhaut, welche auch für die vergleichend-anatomischen Untersuchungen über die Hornhautkrümmung von grossem Interesse sein dürften, in der nächsten Zeit durchzuführen.

Bemerkungen über die Physiologie der Verdauung bei den Batrachiern.

Von

Dr. **P. Grützner** (Tübingen) und Dr. **H. v. Święcicki** (Posen).

Im 48. Bande dieses Archivs S. 63 hat Sigmund Fränkel eine Arbeit, betitelt: „Beiträge zur Physiologie der Magendrüsen“ veröffentlicht, in welcher er gegen eine Untersuchung¹⁾, die der eine von uns (S.) als Student unter Anleitung des Anderen (G.) angestellt hat, mehrfache Einwendungen macht. Zweck dieser Zeilen ist es, diese Einwendungen zurückzuweisen.

Zunächst wenden wir uns gegen folgenden gleich im Anfang der Arbeit Fränkel's stehenden Satz: „Als im Jahre 1876 Święcicki nachgewiesen haben wollte, dass beim Frosche im Oesophagus Pepsin, im Magen nur Salzsäure gebildet wird, während in

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 13, S. 444.