Ophthalmotonometrische Studie.

Von

Dr. F. Ostwalt
in Paris.

(Aus dem Laboratorium des Prof. Ch. Richet.)

Mit 3 Figuren im Text.

In den letzten Jahren hat die Ophthalmotonometrie einen bedeutenden Schritt nach vorwärts gemacht.

Bis 1885 haben die Erfinder von Tonometern, v. Graefe, Hamer, Dor, Donders, Monnik, Ad. Weber, Snellen, Priestley-Smith fast immer versucht, den inneren Augendruck zu messen, sei es durch die Tiefe des Eindrucks, den ein mit bekanntem Gewicht belastetes Stäbchen in der Lederhaut erzeugte, sei es durch die Kraft resp. das Gewicht, mit dem man ein solches Stäbchen belasten musste, um einen Eindruck von bekannter Tiefe in der Sclerotica zu Stande zu bringen.

Nun haben aber die Arbeiten von Imbert¹⁾ und etwas später diejenigen von Fick²⁾ bewiesen, dass jenes Messungs-Princip falsch und dass die von einem Auge zum andern

¹⁾ A. Imbert. Théorie des ophthalmotonomètres. Arch. d'Opht. 1885. Juillet-août.

²⁾ R. A. Fick. Ein neues Ophthalmotonometer. Verh. der phys. med. Ges. zu Würzb., Nr. 22 und A. Fick, Ueber Messung des Druckes im Auge. Pflüg. Arch. Nr. 42, p. 86.

wechselnde Elasticität der Lederhaut von wesentlichem Einfluss auf die Tiefe des Eindrucks bei gleichbleibender Belastung ist. Die empirisch durch Versuche an Thier- oder Leichenaugen, deren Spannung beliebig verändert und mittelst Quecksilbermanometers gemessen werden konnte, gewonnene Graduirung jener Instrumente konnte also durchaus keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit machen.

Dieselben Autoren haben des Weiteren gezeigt, dass der einzig richtige Weg für die Herstellung eines Augendruckmessers der ist, dass man an Stelle einer Vertiefung der Augapfelwandung eine blosse Abplattung eines Theiles derselben zu erzielen sucht und aus der dazu erforderlichen Kraft die Spannung im Innern des Auges berechnet; denn nur in diesem speciellen Falle wirken die elastischen Kräfte der Sklera resp. Cornea senkrecht zur Wirkungsrichtung des Tonometers und kommen daher nicht in Betracht.

Das zur Abplattung erforderliche Gewicht hat dann nur dem intraocularen Drucke das Gleichgewicht zu halten und man kann diesen Druck dann direct aus jenem Gewicht erschliessen ¹⁾.

Damit die nach diesem neuen Princip construirten Instrumente theoretisch wirklich exacte Resultate gäben,

¹⁾ Das von Ad. Weber zum ersten Male in seiner Arbeit: „Die normale Linsenentbindung etc.“ (v. Graefe's Arch. XIII. 1, p. 203. 1867) beschriebene Instrument stellt gewissermassen den Vorläufer des Fick'schen Tonometer's dar. Zwar weicht das von Weber in der letzterwähnten Arbeit seinem Druckmesser zu Grunde gelegte Princip wesentlich von demjenigen des Fick'schen Apparates ab, doch hat Weber im darauffolgenden Jahre (1868) in der Discussion zu einem Vortrage v. Hippel's auf der Heidelberger Ophthalmologerversammlung (v. Zehender's Klin. Monatsbl. VI, S. 404—405) jenes Princip ganz anders formulirt. Herr Prof. Leber hatte die grosse Liebenswürdigkeit, mich auf die betreffende, allgemein ignorirte Stelle aufmerksam zu machen. Danach käme Weber in der That die geistige Priorität bezüglich der Einführung der Abplattungstonometer zu. Practisch war sein Instrument noch nicht recht brauchbar.

müssten eigentlich noch verschiedene Bedingungen erfüllt sein. Es müsste nämlich erstens der Augapfel genaue Kugelgestalt haben, seine Wandung müsste zweitens einen überall gleichen und nach allen Richtungen identischen Bau haben, es dürfte endlich drittens das Instrument beim Abplatten eines Theiles der Bulbuswandung den in seinem Innern herrschenden Druck nicht erhöhen.

Obleich nun die beiden ersten dieser drei Bedingungen in Wirklichkeit nicht gänzlich erfüllt sind, so fehlt doch so wenig daran, dass man practisch diese Fehlerquelle vernachlässigen kann.

Was endlich die dritte Bedingung anbetrifft, so ist sie in der Praxis unerfüllbar. Falls jedoch die abgeplattete Stelle nicht zu gross ist, so wird auch dieser theoretische Messfehler klinisch kaum in die Waagschale fallen.

Wir glauben mithin mit Recht die Herstellung von Tonometern nach diesem neuen Princip als einen bedeutungsvollen Fortschritt bezeichnen zu dürfen. Maklakoff hat das unstreitbare Verdienst, zuerst und zwar noch vor der theoretischen Arbeit Imbert's ein derartiges Tonometer ersonnen zu haben.

Bevor wir des Näheren auf Maklakoff's Instrument eingehen, wollen wir nur kurz erwähnen, dass ganz so wie die Depressions-Tonometer, auch die Abplattungs-Druckmesser in zwei Kategorieen zerfallen:

1) In Instrumente, die bei gleichbleibendem Gewicht den Durchmesser der unter diesen Umständen in umgekehrtem Verhältnisse mit dem intraocularen Drucke wechselnden Abplattungsfläche zu messen suchen.

2) In Instrumente, die gestatten, das Gewicht oder vielmehr die Kraft zu messen, die erforderlich ist, um einen stets gleichen Bezirk der Augapfeloberfläche abzuplatten. Diese Kraft ist natürlich proportional dem innern Augendruck.

Das Maklakoff'sche Instrument gehört der ersten, das Fick'sche (*loc. cit.*) der zweiten Gattung an¹⁾.

Es fragt sich nun, was für eine practische Bedeutung diese beiden Instrumente haben, ob man sich ihrer mit Vortheil am kranken Auge bedienen kann, und welchem von beiden Tonometern der Vorrang gebührt.

Die vorliegende Arbeit hat die Beantwortung dieser Fragen zum Zweck.

Wir haben es uns zu diesem Behuf angelegen sein lassen, sowohl das Maklakoff'sche, als das Fick'sche Instrument einer möglichst strengen, durchaus vorurtheilsfreien Controle zu unterwerfen, deren Resultate wir nunmehr mittheilen wollen.

Was zunächst den Maklakoff'schen Apparat²⁾ anbelangt, so bemerken wir für diejenigen unserer Leser, denen dieses kleine Instrument unbekannt sein sollte, dass es im Grossen und Ganzen besteht:

1) Aus einem kleinen Cylinder, dessen beide Basen durch eine 10 mm im Durchmesser betragende Platte weissen Glases gebildet sind und

2) aus einem davon unabhängigen, etwa gabelförmigen Griff, der dazu bestimmt ist, den kleinen, mit vorstehenden Endstücken versehenen Cylinder ohne jede Reibung aufzunehmen und ihm eine durchaus freie Beweglichkeit in senkrechter Richtung zu gestatten.

¹⁾ Neuerdings hat Nicati ein Ophthalmotonometer veröffentlicht (*V. Bull. de la Soc. de Biol.* 1893, p. 1061 und *Bull. de l'Acad. des Sciences* 22. janv. 1894). Wir haben bisher dieses Instrument nicht zu Gesicht bekommen können. Die oben citirten Noten gestatten ebenso wenig, wie die im Märzheft 1894 der *Rev. gén. d'Opht.* erschienene Arbeit desselben Autors, uns eine Vorstellung von diesem Tonometer zu machen. Wir vermögen daraus nicht einmal zu ersehen, ob es auf dem neuen oder dem alten Princip der Tonometer beruht oder gar eine ganz neue Grundidee verwirklicht. Jedenfalls lässt sein hoher Preis auf grosse Complicirtheit schliessen.

²⁾ Vgl. bezüglich des neuesten Modells *Arch. d'Opht.* 1892 juin.

Um das Instrument zu gebrauchen, bedeckt man die Endplatte aus weissem Glase mit einer dünnen Schicht einer Anilinfarbenlösung (in Glycerin). Darauf führt man den Cylinder in den oben beschriebenen Griff ein und setzt ihn mittelst desselben langsam, aber ohne zu schwanken auf den Hornhautscheitel des Patienten, der auf dem Rücken liegen oder wenigstens seinen Kopf stark nach hinten neigen und das Auge stillhalten muss, auf, indem man den Handgriff allmählich senkt. In dem Moment wo der Cylinder nicht mehr vom Handgriff getragen wird, ruht er mit seinem ganzen Gewicht, das vorschriftsmässig 10 g beträgt¹⁾, auf dem Bulbus auf. Im selben Moment hebt man das Tonometer ganz schnell nach oben vom Auge ab.

Bei einem Gewicht von 10 g bewirkt das Instrument mit seiner ebenen Grundfläche die Abplattung eines Segments der Hornhaut, das um so grösser ist, je geringer der innere Augendruck und vice versa. Am Orte der Abplattung berühren sich Glasplatte des Tonometers und Hornhaut und in Folge dessen wird daselbst die Farbschicht abgehoben. Drückt man darauf die Platte auf ein mit Alkohol befeuchtetes Papier ab, so erhält man eine zu den Acten des Falles zu legende Kopie des Abplattungskreises, dessen Durchmesser man mit Hilfe eines dem Instrument beigelegten kleinen Maassstabes mit Leichtigkeit bis auf $\frac{1}{10}$ mm messen kann.

Maklakoff begnügt sich nun mit dem Maasse dieses Durchmessers. Er hat bereits mehrere Tausende solcher Messungen an menschlichen Augen angestellt, aber, soviel ich weiss, die Angaben seines Instrumentes bisher noch keiner wissenschaftlichen Prüfung unterzogen.

¹⁾ Die vom Fabrikanten gelieferten Instrumente haben nicht immer dieses reglementsässige Gewicht von 10 g. Für unsere Experimente haben wir uns selbstverständlich zuvor von der Genauigkeit dieses Gewichts überzeugt.

Wir wollen hier gleich bemerken, dass das blosses Maass des fraglichen Durchmessers uns noch keinen directen Begriff von dem entsprechenden Augendruck giebt. Nur der Experimentator selbst, resp. alle diejenigen, die mit einem gleichartigen Instrument ausgerüstet sind, können daraus Nutzen ziehen, insofern als sie die am selben Auge zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Augen damit angestellten Messungen objectiv und ziffernmässig mit einander vergleichen können.

In der von Maklakoff angegebenen Weise angewendet, wäre also sein Tonometer weit entfernt von dem Ideal eines Messinstrumentes. Von einem solchen erwarten wir nicht bloss relative, sondern auch absolute Angaben, d. h. in unserem Falle in Millimeter Quecksilber.

Um nun das Maklakoff'sche Instrument auf die Genauigkeit seiner Angaben hin exact prüfen zu können, wird die Uebertragung der durch das Tonometer selbst direct gelieferten relativen Werthe in dieses absolute Maass zur Nothwendigkeit. Nichts ist übrigens leichter, als das -- vorausgesetzt, dass wirklich die entfärbten Kreisflächen der genaue Abklatsch der durch ein Gewicht von 10 g abgeplatteten Kugeloberfläche sind. Nehmen wir einmal an, es sei der Radius jenes entfärbten Kreises $= r$ Millimetern. Wir wüssten dann, dass dem intraocularen Drucke in dem entsprechenden Falle das Gleichgewicht gehalten wird durch eine Quecksilbersäule von einer solchen Höhe, dass dieselbe bei gleicher Grundfläche wie der entfärbte Kreis 10 g wiegt.

Es fragt sich also, welches ist die Höhe einer solchen Quecksilbersäule. Da das specifische Gewicht von $Hg = 13,6$ ist, so wird die fragliche Säule 13,6mal niedriger sein, als eine Wassersäule von gleichem Gewicht. Da ferner 1 g das Gewicht von 1000 cbmm ist, so wiegen 10000 cbmm 10 g. Die eben erwähnte Wassersäule wird also bei einer Grundfläche von $r^2 \pi$ □ mm ein Volumen von

10000 cbmm haben müssen. Ihre Höhe wird daher gleich sein $\frac{10000}{r^2 \pi}$; mithin die Höhe der gesuchten Quecksilbersäule oder mit andern Worten der intraoculare Druck:

$$p = \frac{10000}{13,6 \cdot r^2 \cdot \pi}.$$

Diese Formel erlaubt uns beifolgende Tabelle (vgl. Tab. I) auszurechnen, wo neben den verschiedenen Durchmesser des entfärbten Kreises der entsprechende, theoretisch abgeleitete intraoculare Druck verzeichnet ist.

Tabelle I.

Dia- meter = 2r	p in mm Hg	Dia- meter = 2r	p in mm Hg	Dia- meter = 2r	p in mm Hg	Dia- meter = 2r	p in mm Hg	Dia- meter = 2r	p in mm Hg
3,0	104	4,0	58,5	5,0	37,5	6,0	26	7,0	19
3,1	97,5	4,1	55,5	5,1	36	6,1	25	7,1	18,5
3,2	91,5	4,2	53	5,2	34,5	6,2	24,5	7,2	18
3,3	86	4,3	50,5	5,3	33,5	6,3	23,5	7,3	17,5
3,4	81	4,4	48,5	5,4	32	6,4	23	7,4	17
3,5	76,5	4,5	46	5,5	31	6,5	22	7,5	16,5
3,6	72	4,6	44	5,6	30	6,6	21,5	7,6	16
3,7	68,5	4,7	42,5	5,7	29	6,7	21	7,7	16
3,8	65	4,8	40,5	5,8	28	6,8	20	7,8	15,5
3,9	61,5	4,9	39	5,9	27	6,9	19,5	7,9	15
								8,0	14,5

Wäre nun der Apparat Maklakoff's in der That ein exactes Messinstrument, so brauchte man einfach in jedem einzelnen Falle den Durchmesser des entfärbten Kreises zu messen und fände dann sofort in unserer Tabelle den dazu gehörigen intraocularen Druck in mm Hg.

Entspricht nun das Maklakoff'sche Tonometer hauptsächlich diesen Anforderungen? Das ist die erste Frage, um die es sich experimentell zu lösen handelte.

Zu diesem Behufe haben wir, wie andere, z. B. Fick, vor uns, unsere Zuflucht zu frisch enucleirten Rinds- und Kalbsaugen genommen. Wir entleerten ihren Inhalt durch die Scheide des zuvor durchbohrten Nervus opticus hindurch. Darauf wurde in dieser Scheide ein kleines Glasrohr wasserdicht befestigt. Das so vorbereitete Auge wurde sodann mit dem Glasrohr nach unten auf einen grossen Kork, der für das Glasrohr einen Ausschnitt trug, gelegt, wobei man, um das Fettpolster der Orbita nachzuahmen, eine Watteschicht zwischen Auge und Kork einschaltete. Der Kork war auf einem Gestell befestigt. Unterhalb des Korkes wurde die oben erwähnte Glasröhre mittelst einer am selben Gestell angebrachten Klemme festgehalten, um zu verhindern, dass ein Zug auf das Auge ausgeübt würde. An dem Glasrohr wurde sodann ein Gummischlauch angebracht, der dasselbe mit der am Boden einer grossen Flasche befindlichen Tubulur verband. Diese Flasche war etwa bis zu $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt und war nach oben mit zwei weiteren Hälsen versehen. Vermittelst des einen derselben communicirte das Flascheninnere mit einem Quecksilbermanometer, während der andere Hals mittelst eines Gummischlauches mit einer kleinen Saug- und Druckpumpe, wie sie z. B. zum Dieulafoy'schen Aspirationsapparat gehört, in Verbindung gesetzt wurde.

War einmal das unter Verhütung von Luftzutritt gleichfalls mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllte Auge an das oben beschriebene Flaschensystem angeschlossen und befand es sich genau in der Höhe des Flüssigkeitsspiegels im Innern der Flasche, so konnte man jederzeit den Druck mittelst der Pumpe erhöhen resp. vermindern und den jeweiligen Druck direct am Manometer ablesen.

Nachdem wir sodann durch eine hinreichend grosse Anzahl von Vorversuchen die genügende Uebung im Gebrauch des Maklakoff'schen Tonometers erlangt, haben

wir in drei verschiedenen Sitzungen (und zwar an einem Ochsen- und zwei Kalbsaugen) insgesamt 220 Messungen¹⁾ ausgeführt, indem wir uns auf's Genaueste an die vom Erfinder des Instrumentes gegebenen Vorschriften hielten und den Druck innerhalb der Grenzen von 10 und 110 mm *Hg* veränderten, wobei wir also erheblich die am lebenden Auge zu beobachtenden Grenzwerte überschritten.

Die Oberfläche der Hornhaut wurde dabei immer etwa ebenso feucht erhalten, wie in vivo.

Die entfärbten Kreise wurden dann der Reihe nach auf Papier abgedruckt und der dazu gehörige am Manometer abgelesene Druck daneben verzeichnet. Es wurde dann der Durchmesser eines jeden Kreises genau gemessen und in Tabelle I der diesem Durchmesser theoretisch entsprechende Druck aufgesucht und gleichfalls neben dem betreffenden Kreise vermerkt.

Tabelle II.

I Gruppen	II. Zahl der Messungen	III Mittlerer manometri- scher Druck für jede einzelne Gruppe	IV Ent- sprechender mittlerer, to- nometrisch gemessener Druck	V Procentver- hältniss des gemessenen zum wirk- lichen Druck	VI Mess- fehler in %
11—20 mm <i>Hg</i>	22	16,9	13,6	80,5 %	—19,5
21—30 „ „	52	24,73	19,92	80,55	—19,45
31—40 „ „	30	34,87	22,07	63,3	—36,7
41—50 „ „	24	42,17	26,83	63,62	—36,38
51—60 „ „	16	55	29,75	54,1	—45,9
61—70 „ „	18	64,33	32,84	51,05	—48,95
71—80 „ „	20	73,6	38,15	52,1	—47,9
81—90 „ „	8	86,75	39,75	45,82	—54,18
91—100 „ „	10	97,2	43,1	44,34	—55,66
101—110 „ „	20	106,3	42,35	39,84	—60,16
Summa	220	50,37	26,75	53,1	—46,9

¹⁾ Die erhaltenen Resultate waren genügend constant, um eine

Was nun die Resultate unserer Messungen betrifft, so wollen wir dieselben nach den Angaben des Manometers

Fig. 1. Curventafel I.

in Gruppen von 10 zu 10 mm eintheilen. Wir bekommen dann die beifolgende Tabelle (vgl. Tabelle II), wo Colonne II die Anzahl der in jede Druckgruppe fallenden Mes-

noch weitere Vermehrung der Versuche überflüssig erscheinen zu lassen.

sungen enthält, während Colonne III das Mittel aus allen in jeder einzelnen Gruppe bei den betreffenden Messungen am Manometer abgelesenen Drucken angiebt. In Colonne IV sind sodann die entsprechenden Mittel der in der oben-erwähnten Weise mittelst des Maklakoff'schen Tonometers gefundenen Druckwerthe verzeichnet. Colonne V giebt endlich in % das Verhältniss des gemessenen zum wirklichen Druck und Colonne VI gleichfalls in % den jeweiligen Messfehler.

In der untersten Reihe der Tabelle finden sich die entsprechenden Werthe für die Gesamtzahl der Messungen.

Zur besseren Veranschaulichung der erhaltenen Resultate haben wir dieselben mit Hilfe der in Colonne III und IV der Tabelle II enthaltenen Werthe graphisch dargestellt (vgl. Curventafel I). Auf dieser Tafel ist der wahre am Manometer in mm *Hg* abgelesene Druck als Abscisse und der jedesmal entsprechende mittelst des Tonometers gefundene Druck als Coordinate aufgetragen. Wenn unser Instrument vollkommene Resultate gäbe so müsste die Curve für die gefundenen Werthe mit der Diagonale *cc* zusammenfallen. In Wirklichkeit ist jedoch das Maklakoff'sche Tonometer weit entfernt von diesem Ideal. Wir sehen, dass die thatsächlich gewonnene Curve (*aa*) erheblich nach unten von der Diagonale entfernt bleibt und dass mit steigendem Druck der Abstand bedeutend wächst.

Dem entsprechend sehen wir auch in Colonne VI der Tabelle II, dass der Messfehler, der für Drucke zwischen 10 und 20 mm *Hg* 19,5 % betrug, rasch ansteigt, um für Drucke von 100—110 mm *Hg* den respectablen Werth von 60,16 % zu erreichen. (Für die Gesamtzahl der Messungen beträgt der mittlere Fehler 46,9 %).

Angesichts des gar zu hohen Werthes dieser Fehler haben wir uns gefragt, ob nicht ihre Quelle zu suchen sei in den besonderen Bedingungen, unter denen die Messungen

mit Hilfe des theoretisch richtigen Maklakoff'schen Instrumentes am Auge stattfinden.

Werfen wir einen Blick auf unsere Curve, so fällt uns da sogleich ein Punkt auf. Es ist das die Thatsache, dass der Messfehler in allen Fällen ohne eine einzige Ausnahme nach einer und derselben Seite hin liegt, d. h. dass die gefundenen Drucke stets und ständig nach unten von den wahren Druckwerthen abweichen. Der entfärbte Kreis muss also in allen Fällen in Wirklichkeit einen grösseren Durchmesser gehabt haben, als er der Theorie nach hätte haben dürfen.

Erwägen wir dann weiter, dass nach der oben für die Ableitung des Druckes aus dem Radius des Entfärbungskreises entwickelten Formel (vgl. p. 28) jener Druck im umgekehrten Verhältnisse zum Quadrate dieses Radius zunimmt, dass in Folge dessen jener viel schneller anwächst, als dieser abnimmt, so kommen wir zu dem Schlusse, dass es sich, obgleich die Curve *aa* nicht parallel mit *cc*, sondern stark divergent dazu verläuft, doch sehr wohl um einen constanten Fehler handeln könne.

Wir haben es uns angelegen sein lassen, dieses des Näheren zu untersuchen.

Um völlig sicher zu sein, dass die Versuchsbedingungen absolut gleich waren, haben wir 112 Messungen, die in einer Sitzung an einem und demselben Kalbsauge vorgenommen waren, herausgegriffen und für dieselben wiederum nach Gruppen von 10 zu 10 mm *Hg* den mittleren wirklichen Druck, wie er am Manometer abgelesen worden war, und den entsprechenden mittleren Druck, wie er nach den Messungen mit dem Tonometer theoretisch gefunden war, berechnet (s. Colonne III und IV von Tabelle III).

Wir haben darauf für den nahezu gleich weit von den beiden Grenzdruckwerthen in der Colonne III dieser Tabelle verzeichneten Druck: 54 mm in unserer Tabelle I den Durchmesser der theoretisch entsprechenden Abplattungs-

kreisfläche aufgesucht. Es ist das 4,15 mm. Dieser Durchmesser ist um 1,5 mm kleiner, als derjenige, der thatsächlich mittelst des Tonometers gefundenen Entfärbungskreisfläche; denn dem gefundenen Drucke 29,6 (s. Tabelle III) entspricht nach Tabelle I ein Durchmesser von 5,65 mm. Wir haben darauf diesen selben Werth, d. h. 1,5 mm, von dem Durchmesser der allen übrigen Druckgruppen der Tabelle III entsprechenden mittleren Entfärbungskreise abgezogen, und dann von Neuem in Tabelle I die respectiven Druckwerthe aufgesucht. Auf diese Weise haben wir die Zahlen der Colonne V unserer Tabelle III erhalten, die also die so zu sagen reducirten Drucke darstellen.

Tabelle III.

I Gruppen	II Zahl der Messungen	III Mittlerer manometrischer Druck	IV Entsprechender mittlerer tonometrisch be- stimmter Druck (direct be- rechnet)	V Reducirter tonometr. bestimmter Druck
11—20 mm Hg	6	18,7	11,8	17
21—30 „ „	30	27,5	15,7	23,5
31—40 „ „	16	36	22,5	38,5
41—50 „ „	14	45,6	27,2	46
51—60 „ „	8	54	29,6	54
61—70 „ „	8	65	32,1	61,5
71—80 „ „	10	72,6	36,7	74
81—90 „ „	4	82	42,5	91,5
91—100 „ „	8	97,75	42,87	91,5
101—110 „ „	8	108	43,875	97,5

Trägt man die Werthe der Colonne V als Coordinaten, die der Colonne III als Abscissen auf, so erhält man die punktirte Curve *bb* (s. Fig. 1, Curventafel I). Man bemerkt sofort dass diese Curve sich so wenig, als man dies für Messungen, die doch keinen Anspruch auf absolute Präcision

haben können, nur verlangen kann, von der Diagonale *cc* entfernt.

Wir können also den Schluss ziehen, dass in dem speciellen Falle, der der Construction der Curve *cc* zu Grunde gelegen hat, alle Entfärbungskreise einen um 1,5 mm zu grossen Durchmesser resp. einen um 0,75 mm zu grossen Radius besaßen.

Es fragt sich nunmehr, welchem Umstand hat man diese im Widerspruch mit der Theorie stehende übermässige Grösse der Entfärbungskreisflächen zuzuschreiben. Die Beantwortung dieser Frage erscheint uns ziemlich einfach. Es bildet sich offenbar bei Aufsetzung des Tonometers auf die Hornhaut um die abgeplattete Parthie herum eine capillare Spalte zwischen Tonometerplatte und nicht abgeplatteter Hornhaut. In diese Spalte tritt in Folge der Capillarität die den Augapfel bedeckende Flüssigkeit bis zu einem bestimmten Grade hinein. Die die Basalplatte des Tonometers bedeckende Farbschicht wird in Folge dessen noch eine kleine Strecke weit über die Contactfläche mit der Hornhaut hinaus abgespült werden.

Die Entfärbungskreise, die man mit dem Maklakoff'schen Instrument erhält, werden also so lange zu gross ausfallen, als man seine Basalplatte mit einer Substanz überzieht, die nicht bloss beim Contact mit einem festen Körper, sondern auch mit wässriger Flüssigkeit abgelöst wird.

Man könnte uns entgegenhalten, dass die an enucleirten, ihres normalen Inhalts beraubten und für die Versuche vorbereiteten Augen vorgenommenen Messungen in zu vielen wesentlichen Punkten von den am lebenden, intacten Auge angestellten abweichen, als dass man berechtigt wäre, die so gewonnenen Resultate ohne Weiteres zu verallgemeinern.

Dieser Einwand findet eine scheinbare Stütze in der Thatsache, dass Maklakoff¹⁾ als Mittel aus 3670 an

¹⁾ Vgl. Arch. d'Ophthalm. 1892. juin, p. 339.

normalen und pathologischen Augen angestellten Messungen einen Entfärbungskreis mit einem Durchmesser von 5,6 mm und bei Ausschluss der glaukomatösen Augen von 6,1 mm gefunden. (Diese Ziffer stimmt übrigens gut überein mit den Werthen, die wir selbst für das normale Menschenauge erhalten haben.)

Nach unserer Tabelle I entspricht ein Durchmesser von 5,6 mm theoretisch einem Druck von 30 mm und ein Durchmesser von 6,1 einem Druck von 25 mm *Hg*.

Nun hat aber Wahlfors¹⁾, soviel ich weiss der einzige, der bisher mit Hilfe eines Quecksilbermanometers die Pression des lebenden menschlichen Auges gemessen hat, einen Druck von 26 mm *Hg* für das einzige absolut normale Auge, wo er eine solche Messung vornehmen konnte, gefunden. (Es handelte sich um ein Auge, das ohne selbst im Geringsten verändert zu sein, enucleirt werden musste wegen eines intraorbitalen Tumors.)

Man könnte sich daher veranlasst fühlen zu folgern, dass am Auge in situ das Maklakoff'sche Instrument so genaue Angaben macht, als man sie nur von einem derartigen klinischen Apparat verlangen kann, und dass in Folge dessen der oben erwähnte Einwand berechtigt wäre.

Um zu untersuchen, wie es sich damit verhält, haben wir wiederum unsere Zuflucht zum Experiment genommen. Unsere ursprüngliche Absicht war die, zunächst mit Hilfe des Maklakoff'schen Tonometers die Spannung des Auges eines mit Aether eingeschläferten Kaninchens zu messen und dieselbe dann sofort direct in mm *Hg* mittelst des Manometers von v. Schultén²⁾, dessen sich auch Wahl-

¹⁾ K. R. Wahlfors, Ueber Druck und Druckmessungen im menschlichen Auge. Bericht des VII. Internat. Ophth. Congr. zu Heidelberg. 1888. p. 268.

²⁾ v. Schultén, Experim. Untersuch. über die Circulationsverhältnisse des Auges. v. Graefe's Arch. f. Ophth. XXX. 3 u. 4. 1884.

fors¹⁾ bedient hat, zu bestimmen. Wir haben uns zu diesem Zweck ein Manometer genau nach den Angaben der genannten beiden Forscher construirt und wir verweisen bezüglich seiner Beschreibung auf ihre Publicationen.

Trotz der in einer genügend grossen Anzahl von Versuchen erlangten Uebung in der Handhabung dieses immerhin ziemlich delicates Apparates haben wir diese vergleichenden Messungen an drei Kaninchenaugen stets mit demselben negativen Erfolge ausgeführt, negativ insofern, als selbst 15–30 Minuten nach Einführung der Canüle in den Glaskörperraum das Manometer einen Druck anzeigte, der 12–14 mm *Hg* nicht überstieg. Dabei zeigten die regelmässigen leichten, mit dem Puls synchronen Oscillationen der kleinen Luftblase, die sich in der zwischen Canüle und Manometer eingeschalteten Glasröhre befand, an, dass der Apparat gut functionirte. Schon die blossе Betastung der betreffenden Augen liess erkennen, dass der innere Augendruck nach Einführung der Canüle wesentlich niedriger war, als vor derselben, und auch niedriger blieb. Das wurde auch ganz objectiv überzeugend nachgewiesen durch das Maklakoff'sche Instrument selbst, insofern als der Durchmesser des Entfärbungskreises nach Einführung der Canüle beträchtlich grösser war als vorher (z. B. 7,9 mm: 6 mm).

Wir bemerken hier nebenbei, dass uns diese Versuche zu der Ueberzeugung gebracht haben, dass es nicht leicht möglich ist, den intraocularen Druck direct durch Einführung einer mit einem Manometer verbundenen Canüle in's Augeninnere zu messen²⁾. Das war schon a priori anzu-

¹⁾ Wahlfors, loc. cit.

²⁾ Herr Prof. Leber vertritt die Ansicht, dass man mittelst seiner Vorderkammercanüle und des verbesserten Ophthalmomometers (s. die Arbeit von Rindfleisch in v. Graefe's Arch. XXXVIII. 2. 1892. p. 227 ff.) eine genaue Messung des intraocularen Druckes vornehmen könne. Uns fehlen persönliche Erfahrungen darüber;

nehmen. Alle Experimentatoren haben ausserdem festgestellt, dass sofort nach Einführung der Canüle in den Glaskörper der intraoculare Druck in Folge Austritts einer gewissen Menge Augenflüssigkeit sehr stark gesunken ist. Erst allmählich steigt er dann von Neuem an. Bisher hat aber noch niemand den Beweis geführt, dass er dieselbe Höhe wie vor der Operation erreicht. Das ist sogar höchst unwahrscheinlich; denn einmal kann man nicht so ohne Weiteres annehmen, dass sich die Augenwandungen absolut wasserdicht um die Canüle zusammenziehen und dann sind doch auch sicherlich die Secretions- und Filtrationsbedingungen der Augenflüssigkeit erheblich beeinflusst durch Einführung der Canüle und besonders durch ihr Verweilen im Auge.

Der Grad, bis zu dem der Druck nach Einführung des Instruments wieder ansteigt, hängt sicherlich in erster Linie u. a. auch von dem Blutdruck und der Art, wie derselbe durch die Immobilisirung des Thieres beeinflusst wird, ab. So erklärt es sich vielleicht, warum z. B. Eissen¹⁾, der seine Kaninchen nicht einschläferte, sondern curarisirte, für das normale Kaninchenaugene einen höheren Druck gefunden als wir, d. h. 24,5 mm *Hg*.

Wie dem auch sei, es hat sich für uns aus alle dem die unumstössliche Thatsache ergeben, dass wir zur Zeit kein Mittel besitzen, um mit Hilfe eines so zu sagen intraocularer Manometers absolut genau den Druck zu messen,

jedoch erschienen uns die von v. Schultén in seiner Arbeit (loc. cit.) gegen die Vorderkammerbestimmungen im Allgemeinen geltend gemachten Bedenken als stichhaltig. Wir wurden des weiteren dazu veranlasst, zu dem v. Schultén'schen Instrument unsere Zuflucht zu nehmen, weil eben Wahlfors seine Messungen am normalen und pathologischen Menschaugene gleichfalls damit angestellt hatte und es uns, wie wir oben gesehen, darauf ankam, gerade diese Messungen zu controliren.

¹⁾ Eissen: Hornhautkrümmung bei erhöhtem intraocularen Druck. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. XXXIV. 1888.

der in demselben Auge unmittelbar vorher, d. h. im Momente der Anlegung des Maklakoff'schen Tonometers geherrscht hat. Wir haben daher auf den in dieser Art auszuführenden Controlversuch Verzicht leisten müssen.

Wir haben nur so viel feststellen können, dass das Ophthalmo-Manometer von v. Schultén¹⁾ ganz so wie das Ophthalmotonometer von Maklakoff einen Druck anzeigt, der ganz erheblich hinter dem in unversehrten, normalen Augen herrschenden zurücksteht. So erklärt sich denn auch die auf den ersten Blick so frappirende Uebereinstimmung der Resultate der Messungen Maklakoff's und der Versuche Wahlfors'²⁾.

Jedenfalls waren wir also gezwungen, auf andre Weise unsere am enucleirten und seines normalen Inhalts beraubten Ochsen- und Kalbsauge gewonnenen Resultate am Auge in situ nachzuprüfen. Wir haben zu diesem Behuf die Canüle des v. Schultén'schen Manometers in den Glaskörper des Auges eines frisch getödteten Kaninchens eingeführt, und zwar diesmal ohne zuvor ein Luftbläschen in das oben erwähnte horizontale Glasrohr eintreten zu lassen. Durch wechselnde Compression des mit dem wagrechten Zwischenstück des U förmigen Manometers in Verbindung stehenden, mit Quecksilber gefüllten Gummiballons, haben wir dann beliebig den inneren Augendruck verändert, und seine Höhe am Manometer selbst abgelesen. Es wurde dann jedesmal das Maklakoff'sche Instrument aufgesetzt,

¹⁾ Die von andern Forschern in Anwendung gebrachten Intraocular-Manometer, so z. B. das Instrument von Adamück (Corr.-Bl. f. d. med. Wiss. 1886, Nr. 36, p. 561) und dasjenige von Hoeltzke und Graser (v. Graefe's Arch. XXIX, 1883 und Arch. f. experim. Pathol. und Pharmak. XVII) sind auf keinen Fall vollkommener, als das v. Schultén'sche.

²⁾ Wir wären nach unseren sonstigen Versuchen geneigt zu folgern, dass das menschliche Auge eine mittlere Pression von 32—36 mm Hg besitzt.

der Entfärbungskreis abgeklatscht, sein Durchmesser gemessen und ganz wie bei den Versuchen am Ochsen- und Kalbsauge die entsprechende Pression in Tabelle I aufgesucht.

Wir haben in dieser Weise 106 Messungen ausgeführt, deren Resultate sich in Tabelle IV verzeichnet finden.

Tabelle IV.

I Gruppen	II Zahl der Messungen	III Mittlerer manometri- scher Druck für jede einzelne Gruppe	IV Ent- sprechender mittlerer, to- nometrisch gemessener Druck	V Procentver- hältniss des gemessenen zum wirk- lichen Druck	VI Mess- fehler in ‰
11—20 mm Hg	18	16,33	14,83	90,81 ‰	— 9,19
21—30 „ „	18	26,33	18,78	71,32	—28,68
31—40 „ „	8	37,25	25,6	68,72	—31,28
41—50 „ „	12	47,17	29,41	62,35	—37,65
51—60 „ „	12	55,33	32	57,83	—42,17
61—70 „ „	8	64,975	36,25	55,8	—44,2
71—80 „ „	14	77,3	40,36	52,2	—47,8
81—90 „ „	4	84	47	55,95	—44,05
91—100 „ „	6	95,33	51,67	54,2	—45,8
101—110 „ „	6	103,67	56,5	54,5	—45,5
Summa	106	51,08	30,56	59,8	—40,2

Graphisch dargestellt sind diese Messungsergebnisse in der Curve *aa* der Curventafel II (Fig. 2).

Man sieht sofort, dass eine sehr grosse Analogie zwischen den Werthen der Tabellen IV und II, sowie zwischen den Curven *aa* der Curventafeln II und I (Figg. 1 u. 2) besteht.

Es spricht also alles dafür, dass ebenso gut beim Auge in situ als beim herausgenommenen und entleerten Ochsen- und Kalbsauge die beim Aufsetzen des Maklakoff'schen Tonometers gewonnenen Entfärbungskreise stets in derselben Weise (d. h. in Folge der Capillarität) zu gross ausfallen.

Nehmen wir genau wie vorhin für das Ochsen- und Kalbsauge, jetzt auch für das an Ort und Stelle gebliebene Kaninchenauge eine Reduction sämtlicher Durchmesser

Fig. 2. Currentafel II.

vor, so müssen wir diesmal stets 1,3 mm abziehen. Es ist das die Differenz, die in der mittleren Druckgruppe (51—60 mm Hg) besteht, zwischen 5,4 mm, d. h. dem Durchmesser des mittleren experimentell gefundenen Entfärbungskreises und 4,1 mm, d. h. dem Durchmesser, der theoretisch

dem Drucke von 55 mm entspräche. Suchen wir dann in Tabelle I für die so reduzierten Durchmesser die entsprechenden Drucke auf, so bekommen wir die Werthe der Colonne V der Tabelle V, die das Analogon zur Tabelle III bildet.

Tabelle V.

I	II	III	IV	V
Gruppen	Zahl der Messungen	Mittlerer manometrischer Druck	Entsprechender mittlerer tonometrisch bestimmter Druck (direct berechnet)	Reducirter tonometr. bestimmter Druck
11—20 mm <i>Hg</i>	18	16,33	14,83	23
21—30 „ „	18	26,33	18,78	28,5
31—40 „ „	8	37,25	25,6	41
41—50 „ „	12	47,17	29,41	49
51—60 „ „	12	55,33	32	55,5
61—70 „ „	8	64,975	36,25	65
71—80 „ „	14	77,3	40,36	76,5
81—90 „ „	4	84	47	94,5
91—100 „ „	6	95,33	51,67	105
101—110 „ „	6	103,67	56,5	123

Die punktirte Linie *bb* auf der Curventafel II (Fig. 2) ist es, die den Zahlen der Columnen III und V der Tabelle V entspricht.

Man bemerkt sofort, dass auch diese Linie sich mit der Diagonale *cc*, so weit man dies nur verlangen kann, deckt.

Wir können bis jetzt aus unseren experimentellen Untersuchungen die folgenden allgemeinen Schlüsse ziehen:

1) Die mit Hilfe des Maklakoff'schen Tonometers erhaltenen Entfärbungskreise haben stets einen Durchmesser, der beträchtlich grösser ist, als er der Theorie nach sein dürfte.

2) Die Vergrößerung der Entfärbungsflächen beruht höchst wahrscheinlich auf Capillarattraction von Thränenflüssigkeit.

3) Der Apparat Maklakoff's ist daher kein absolutes Messinstrument.

4) Das Maklakoff'sche Tonometer liefert, wie ein Blick auf die bisherigen Tabellen lehrt, genügend constante relative Angaben über den intraocularen Druck. Begnügt man sich daher, wie dies Maklakoff thut, einfach die Durchmesser der Entfärbungskreise einzuregistriren, so erhält man Ziffern, die einen unleugbaren relativen Werth haben. Alle diejenigen, die über denselben Apparat verfügen, können mit Sicherheit Spannungsdifferenzen feststellen und auch unter einander vergleichen.

Damit ist man jedoch noch weit entfernt von dem Ideale eines Ophthalmotonometers, d. h. eines absoluten Messinstrumentes.

Wir kommen nunmehr zu der andern Kategorie der auf dem Principe der Abplattung eines Theiles des Augapfels beruhenden Tonometer. Dieselbe findet, wie gesagt, ihren Vertreter in dem Instrumente Fick's¹⁾. Wir wiederholen, dass dasselbe dazu dient, das Gewicht zu bestimmen, das erforderlich ist, um einen stets gleichen Oberflächenabschnitt des Bulbus zur Abplattung zu bringen. Es handelt sich da um eine Art kleinen Dynamometers, bezüglich dessen genauerer Beschreibung wir auf die Publikationen Fick's verweisen. Für diejenigen unserer Leser, die das kleine Instrument noch nicht kennen, will ich hier nur bemerken, dass es im Wesentlichen aus einer band- oder zungenförmigen, etwa $7\frac{1}{2}$ cm langen, stählernen Feder besteht, die mit ihrem einen Ende auf einem Messingrahmen befestigt ist, während das andere Ende nach unten mittelst eines als Verbindungsstück dienenden, dünnen, aber starren Messingstängchens ein horizontales Plättchen von 6,8 mm Durchmesser trägt. Gleichzeitig ist an diesem freien Ende der Feder ein Index angebracht, der bei den Abweichungen

¹⁾ Fick, loc. cit.

der Feder sich entlang einer am Messingrahmen befestigten Gradtheilung bewegt, auf der man direct abliest, einer Belastung von wie viel Gramm die jedesmalige Ablenkung der Feder aus ihrer Ruhelage entspricht.

Nach unserer Tabelle I wissen wir, dass bei einem Durchmesser von 6,8 mm eine Quecksilbersäule 20 mm Höhe haben muss um 10 g zu wiegen. Mithin wiegen je 2 mm dieser Säule 1 g. Man hat daher bloss die durch das Fick'sche Tonometer angegebene Anzahl von Grammen mit 2 zu multipliciren, um den entsprechenden Werth in mm Hg zu erhalten.

Man nimmt nun mittelst des Fick'schen Tonometers die Druckmessungen in der Weise vor, dass man die Endplatte des Instrumentes auf die Hornhaut aufsetzt und dann vermittelt des gleichfalls an dem Messingrahmen angebrachten Handgriffs einen Druck auf den Rahmen ausübt, der sich dann durch die an diesem Rahmen einseitig befestigte Feder auf die Endplatte fortpflanzt. Unter diesem Druck wird gleichzeitig die Feder aus ihrer Ruhelage entfernt und man kann in jedem Augenblick den ausgeübten Druck ablesen. Man steigert denselben bis zu dem Moment, wo gerade die der Endplatte entsprechende Hornhautparthie abgeplattet ist. Man erkennt das sehr gut daran, dass der Schlagschatten zwischen Platte und Hornhaut verschwunden ist, ohne dass sich schon ein Wulst um jene Platte herum gebildet hat.

Ganz wie das Maklakoff'sche Tonometer, haben wir auch das Fick'sche Instrument einer möglichst genauen wissenschaftlichen Controle unterzogen und zwar haben wir uns hier ebenfalls in der oben des Näheren angegebenen Weise frisch herausgenommener, entleerter und mit der Druckflasche in Verbindung gesetzter Ochsen- und Kalbsaugen bedient.

Während dann ein Gehilfe beliebig den Druck in dem geschlossenen System abänderte, haben wir jedesmal drei

Bestimmungen mit dem Fick'schen Apparat gemacht und ihre Resultate einregistrirt. Dann erst gab uns der Gehilfe den uns bis dahin unbekannten, durch das Manometer angezeigten factischen Druck an. Derselbe wurde im Versuchsprotocoll in einer besonderen Rubrik neben den drei Messungswerthen verzeichnet.

Auf diese Weise haben wir 162 (oder richtiger 3×162) Messungen vorgenommen. Tabelle VI enthält ihre Resultate übersichtlich geordnet.

Tabelle VI.

I Gruppen	II Zahl der Messungen	III Mittlerer manometri- scher Druck für jede einzelne Gruppe	IV Ent- sprechender mittlerer, to- nometrisch gemessener Druck	V Procentver- hältniss des gemessenen zum wirk- lichen Druck	VI Mess- fehler in %
11—20 mm Hg	4	15,62	21	134,4	+34,4
21—30 „ „	10	24,95	34,3	137,5	+37,5
31—40 „ „	33	35,45	42,15	118,9	+18,9
41—50 „ „	51	45,53	51,08	112,2	+12,2
51—60 „ „	35	53,66	56,5	105,8	+ 5,8
61—70 „ „	24	64,33	64,92	100,9	+ 0,9
71—80 „ „	5	76,2	71,6	93,96	—6,04
Summa	162	46,62	52,06	111,67	+11,67

Da das Fick'sche Tonometer nur Messungen bis zu 40 g = 80 mm Hg erlaubt, so haben wir diesmal auch innerhalb dieser Druckgrenze bleiben müssen. Dieser Druck dürfte jedoch auch im lebenden Auge in Fällen stärkster Drucksteigerung selten, wenn überhaupt je, überschritten werden.

Indem wir die Werthe der Colonne III dieser Tabelle als Abscissen und diejenigen der Colonne IV als Coordinaten auftrugen, erhielten wir dann die Curve *aa* der Curventafel III (Fig. 3). Diese Curve deckt sich für die

Bedürfnisse der Praxis völlig genügend mit der Diagonale *cc*. Der Abstand beträgt höchstens 8 mm *Hg* und überschreitet durchschnittlich nicht 5—6 mm *Hg*.

Wir wollen hier noch bemerken, dass wir im Gegensatz zum Maklakoff'schen Instrument, das uns stets bedeutend zu niedrige Druckwerthe anzeigte, mit Fick's Tonometer fast immer etwas zu hohe Werthe erhielten.

Fig. 3. Curventafel III.

Eine wie grosse Rolle übrigens die Uebung bei den Messungen mit Fick's Apparat spielt, geht überzeugend aus der Thatsache hervor, dass die Beobachtungsfehler bei jeder neuen Versuchsreihe etwas kleiner wurden. Nehmen wir z. B. die drei letzten Messungsserien, die wir protokolliert haben, so betrug der durchschnittliche Messfehler für die 25 Messungen der ersten dieser 3 Serien = + 18,6 mm *Hg*; er sank auf + 3 mm *Hg* für die 24 Mes-

sungen der zweiten und gar auf $-0,5$ mm für die 33 Versuche der letzten Serie.

Hätten wir daher die ersten Versuchsreihen nicht mit in Betracht gezogen, so wären wir zu Resultaten gekommen, die noch weit mehr zu Gunsten des Fick'schen Tonometers gesprochen hätten, als diejenigen, die ihren Ausdruck in Tabelle VI und Curventafel III gefunden haben. Es lag uns jedoch daran, in unseren Tabellen nicht ausschliesslich die Messungsergebnisse figuriren zu lassen, die nach langer Uebung im Gebrauch des Instruments erhalten worden waren, um uns Rechenschaft darüber ablegen zu können, was man von diesem Tonometer in den Händen des Practikers, dem man doch keine gar zu specielle Einschulung in seiner Handhabung zumuthen darf, erwarten kann.

Wir haben es für überflüssig gehalten, dieselben Versuchsreihen auch noch am Kaninchenauge in situ anzustellen. Eine Reihe von an diesem vorgenommenen Messungen, sowie auch unsere Erfahrungen bezüglich des Maklakoff'schen Instruments haben uns in der Ueberzeugung bestärkt, dass diese Controlmessungen uns sicherlich nichts Neues gelehrt hätten.

Gelegentlich unserer Versuche mit dem Fick'schen Tonometer haben wir uns davon überzeugt, dass diesem Instrument eine technische Unvollkommenheit anhaftet, die man schon a priori voraussetzen konnte. Wir haben hier die Schwierigkeit im Auge, die darin besteht, sein Augenmerk gleichzeitig auf die gehörige Abplattung der Hornhaut und den jeweiligen Stand des an der Feder des Tonometers fixirten Index zu richten.

Dank der Beihilfe des rühmlichst bekannten Pariser Fabrikanten physiologischer Apparate, Herrn Ch. Verdin, ist es uns gelungen, diesen kleinen Fehler zu beseitigen. Wir haben einfach an Stelle des mit der Feder verbundenen Index einen davon unabhängigen gesetzt, der mit leichter Reibung an dem Gradbogen emporgleitet, sowie die

Feder ihre Ruhelage verlässt. Die leichte Reibung genügt, um ihn dann nach Rückkehr der Feder auf 0 am Orte des Maximalausschlages zu erhalten.

Man braucht daher bloss auf die Abplattung der Hornhaut zu achten und erst nachträglich zur Ablesung zu schreiten.

So sanft nun auch die Reibung ist, mit der sich das bewegliche Markzeichen verschiebt, so bewirkt doch der dadurch unvermeidlich bedingte Widerstand, dass der Druck mindestens 12 g, d. h. 24 mm *Hg* betragen muss, damit die Feder ihre Ruhelage verlasse. Das ist also die untere Grenze der mit dem modificirten Instrument auszuführenden Messungen.

Wir wollen sogleich bemerken, dass diese untere Grenze für die überwiegend grosse Mehrzahl der Fälle genügt.

Nichts hindert übrigens, den an der Feder befestigten Index bestehen zu lassen und die ihm entsprechende Theilung auf der einen Seite des Kreisbogens anzubringen, während das bewegliche kleine Schieberzeichen an der andern Seite des Kreisbogens entlanggleitet, wo sich dann die für dasselbe bestimmte Theilung zu befinden hat. Man wird sich dann in der grossen Majorität der Fälle des Schiebers und seiner Theilung bedienen. Nur in Fällen aussergewöhnlicher Druckverminderung des Auges wird man den Schieber ganz nach oben rücken und die Messungen, wie mit dem ursprünglichen Instrument Fick's vornehmen.

Herr Verdin wird in Zukunft das Tonometer in der letztbeschriebenen Form herstellen. Er denkt übrigens noch eine Verminderung der Reibung des kleinen Schiebers erreichen zu können. Man wird sich seiner dann auch für Spannungen unter 24 mm *Hg* bedienen können.

Fassen wir jetzt noch einmal kurz die wesentlichsten Ergebnisse unserer Untersuchungen zusammen, so gelangen wir zu folgenden Schlussätzen.

- 1) Die mit dem Maklakoff'schen Tonometer ge-

machten Messungen haben ohne Frage einen objectiveren Charakter, als die mit Fick's Instrument angestellten.

2) Als relatives Messinstrument ist Maklakoff's Apparat zweifellos im Stande, sehr schätzenswerthe Dienste zu leisten.

3) Für absolute Messungen gebührt Fick's Tonometer bei Weitem der Vorrang.

4) Um aus diesem letzteren Instrument den vollen Nutzen zu ziehen, bedarf es einer gewissen Uebung in seiner Handhabung.

5) Auf jeden Fall besitzen wir schon heute in den beiden Tonometern, mit denen wir uns in dieser Arbeit beschäftigt haben, genügend practische und zuverlässige Apparate, um, sei es auch nur in klinisch oder wissenschaftlich besonders interessanten Fällen, die alte, völlig unzureichende Bowman'sche Methode der Taxirung des Augendruckes mit Hilfe des Tastsinnes verlassen zu können.

Wir glauben mit Recht behaupten zu dürfen, dass die Ophthalmotonometrie heutzutage in eine neue vielversprechende Phase eingetreten ist.