



Hornhautkrümmung bei erhöhtem intraocularen Druck.

INAUGURAL-DISSERTATION

vorgelegt der

hohen medicinischen Facultät der Universität Bern

von

Wilhelm Eissen,

aus Schildesche (Westfalen).

Von der Facultät genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. Pflüger.

Bern, Februar 1888.

Der Dekan: Prof. Dr. Kronecker.



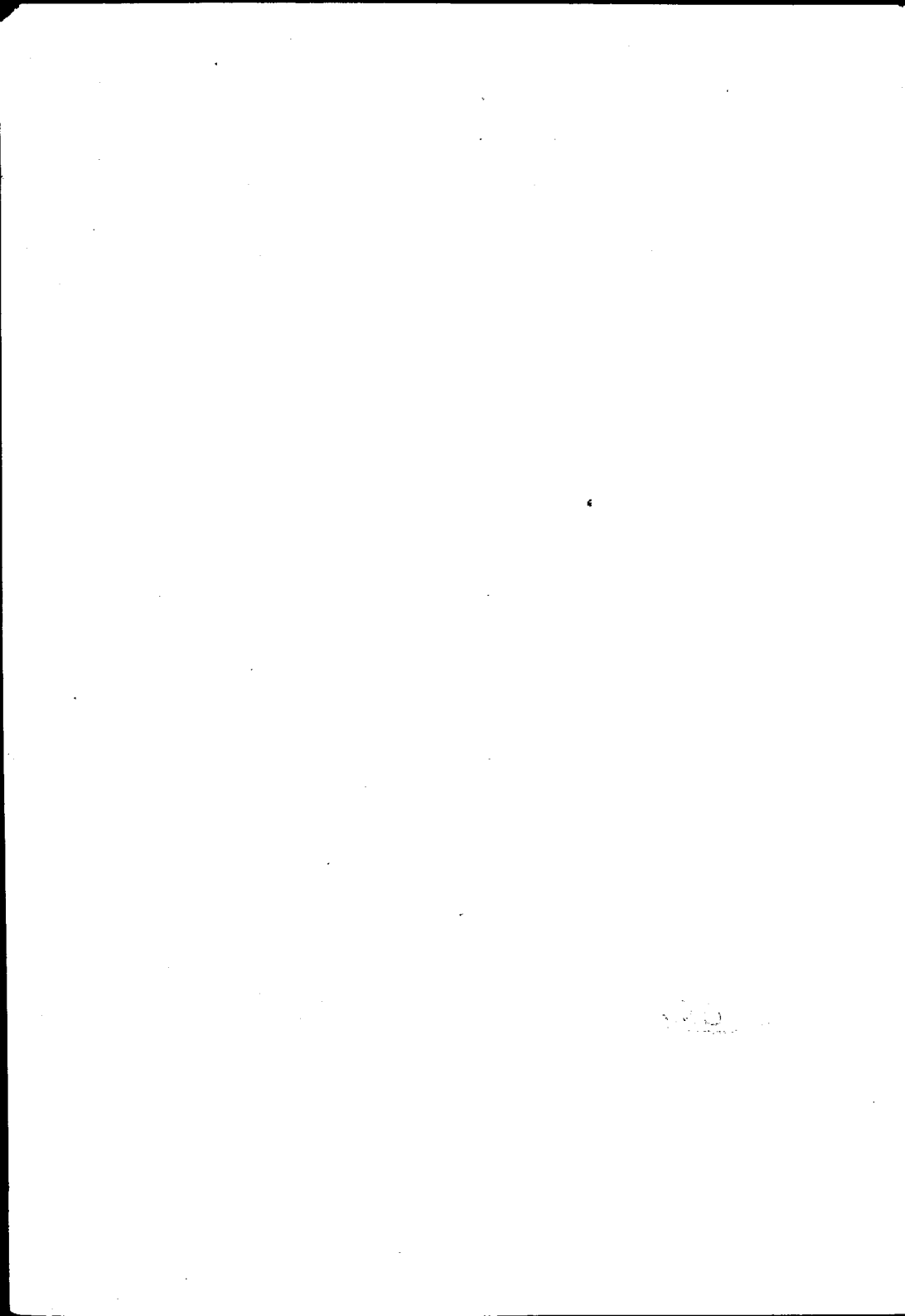
33 Holzschnitten.



LEIPZIG

Wilhelm Engelmann

1888.



Hornhautkrümmung bei erhöhtem intraocularen Druck.

INAUGURAL-DISSERTATION

vorgelegt der

hohen medicinischen Facultät der Universität Bern

von

Wilhelm Eissen,

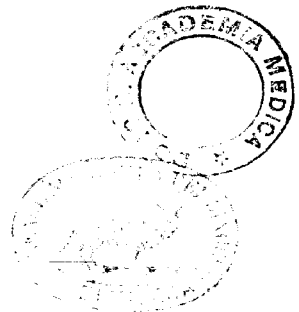
aus Schildesche (Westfalen).

Von der Facultät genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. Pflüger.

Bern, Februar 1888.

Der Dekan: Prof. Dr. Kronecker.

Mit 33 Holzschnitten.



LEIPZIG

Wilhelm Engelmann

1888.

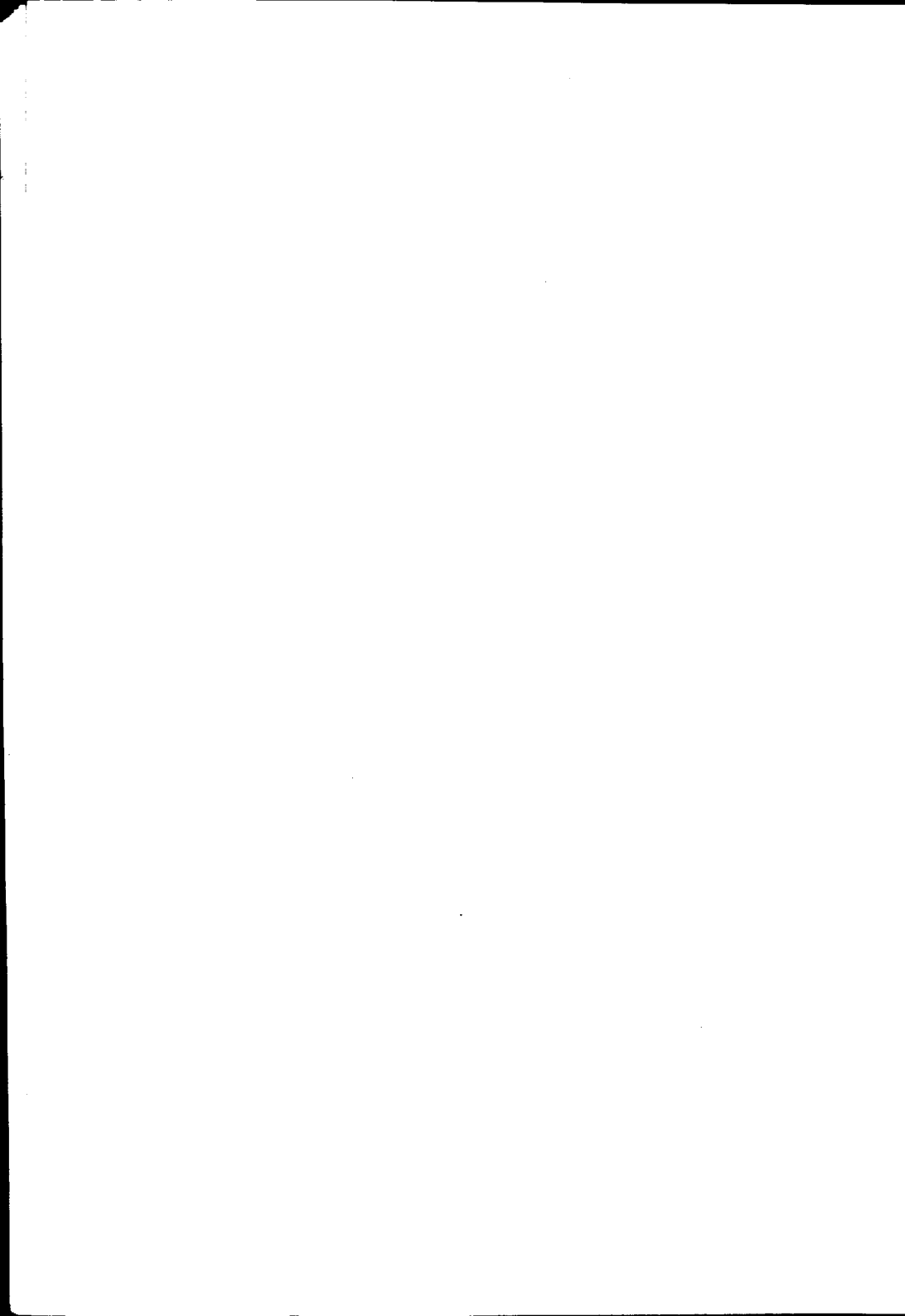
Sonderabdruck aus v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie.
XXXIV. Band.

Seinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.



Angeregt durch die Arbeit von Pfalz „Ophthalmometrische Untersuchungen über Corneal-Astigmatismus“ *) besonders durch den Abschnitt über „Astigmatismus bei Glaucomatösen“ habe ich mich entschlossen, diesen Gegenstand einer Prüfung zu unterziehen, und zwar durch Beobachtung der Veränderung der Hornhautkrümmung am Thierauge bei künstlich erhöhtem Druck.

Pfalz hat 39 Fälle von Glaucom ophthalmometrisch untersucht, 8 Glaucome ohne Corneal-Astigmatismus, 11 Glaucome mit der gewöhnlichen Form von Astigmatismus corneae und 19 Glaucome mit der perversen Form desselben -- stärkst gekrümmter Meridian in der Nähe der Horizontalen. Sämmtliche Fälle sind einzeln kurz angeführt und in drei Gruppen A, B, C, seiner Tabelle VII untergebracht.

Unter den 29 astigmatischen glaucomatösen Augen zeigten 16 oder 55,2 pCt. perversen Astigmatismus, während alle übrigen untersuchten Augen incl. Cataract nur in

*) v. Graefe's Archiv Bd. XXXI. Abth. 1.

2,2 pCt. diese seltene Form aufwiesen. Dieses konnte nicht auf Zufall beruhen.

In allen Fällen der Gruppe A, mit Ausnahme eines einzigen, handelt es sich um die als Glaucoma simplex bekannte reizlose Form. Die Ausnahme bildet ein erster, mässiger acuter Anfall, der durch Eserin sofort coupirt worden war.

Die Sehschärfe war oft normal, nur einmal = $\frac{20}{50}$. Demgemäss wird der intraoculare Druck, über welchen leider keine Angaben gemacht werden, im Grossen und Ganzen relativ wenig alterirt gewesen sein. Ausnahmsweise kann bekanntlich bei Glaucoma simplex T + 1 und sogar T + 2 mit einer Sehschärfe von $\frac{1}{2}$ bis 1 sich vertragen.

In der Gruppe B führt Pfalz ebenfalls Fälle von Glaucoma simplex mit allerdings geringerer Sehschärfe und längerer Dauer der Erkrankung an, als die in der ersten Kategorie. Die zwei Ausnahmefälle mit acuten Erscheinungen bilden hier den Uebergang zu der Gruppe C, in welche die Augen fallen, deren Krankheitsverlauf mit mehr oder weniger heftigen schmerzhaften Glaucomanfällen verbunden war und bei denen die deletäre Wirkung der Erkrankung sich in starker Herabsetzung der Sehschärfe, in einzelnen Fällen bis auf 0, aussprach.

Pfalz glaubt, dass nach dem Angeführten ein causaler Zusammenhang zwischen der Cornealasynergie, insbesondere der anomalen Form, und der glaucomatösen Erkrankung des betreffenden Auges nicht bestritten werden könne. Die Entscheidung jedoch über die Frage, was als Ursache und was als Wirkung aufzufassen sei, lässt er dahingestellt. Er neigt zu der Annahme, dass der Astigmatismus das Primäre sei und, da länger andauernde accommodative Anstrengung als ein Moment gelte, welches, bei sonstiger Disposition des Auges dazu einen glaucomatösen Anfall auslösen könne, so liege eine ähnliche Annahme für den

Cornealastigmatismus nahe, der an sich die Veranlassung zu anhaltender astigmatischer Accommodation geben könne.

Für diese seine Ansicht führt er den Umstand an, dass die schweren Formen des Glaucoms sich meist bei den stärkeren Graden des Astigmatismus fänden, sowie, dass das stärker astigmatische Auge bei ein und derselben Person schwerer oder überhaupt allein erkranken könne. Diese seine obigen Betrachtungen will Pfalz aber selbst nur für seine unter A und B angeführten Fälle als zutreffend erachten.

Für die unter C angeführten Glaucomfälle lässt Pfalz die Frage nach der Ursache für die anomale Form des Cornealastigmatismus offen. Er glaubt allerdings aus einem ausführlich beschriebenen Falle die Ansicht ableiten zu können, dass der gefundene anomale Astigmatismus die Folge der hohen und lang andauernden Drucksteigerung sei. Er kommt zu dem Schlusse, dass das, was für den einen Fall wahrscheinlich sei, auch auf die anderen Fälle der Gruppe C zutreffen könne und glaubt nun auch eine Erklärung dafür gefunden zu haben, warum die anomale Astigmatismusform nur bei sehr schweren Erkrankungen des Auges gefunden werde, indem für das Zustandekommen derselben die Voraussetzung eines lange und energisch einwirkenden intraocularen Drucks festgehalten werden muss.

Nach einer Erklärung seiner Beobachtungen auf anatomisch-physiologischer Grundlage suchend, erinnert Pfalz an die einschlägigen Experimente von Helmholtz *) und Schelske**), auf die ich weiter unten eingehen werde. Anführen will ich hier nur, dass Pfalz der Ansicht ist, dass die am enucleirten Bulbus vorgenommenen Versuche

*) Arch. f. Ophth. I, 2, 17.

**) Arch. f. Ophth. X, 2, 1—46.

nicht ohne Weiteres auf das lebende Auge übertragen werden können, da das lebende Gewebe grössere Widerstandsfähigkeit besitze, sowie auch am lebenden die umgebenden Gewebe des Auges von Einfluss auf eine etwaige Gestaltsveränderung seien. Bei Glaucom käme auch noch in Betracht, dass der Druck, selbst bei der acuten Form, sich viel allmählicher entwickle als im Experiment. Licht könne nach Pfalz in diese Frage nur die klinische Beobachtung bringen, wenn es gelänge, die Cornealverhältnisse sowohl vor dem Ausbruch des Glaucoms oder im Beginn desselben als nach längerem Bestehen der Erkrankung zu bestimmen. Solche Beobachtungen sind in der deutschen Literatur bis jetzt nur drei von Laqueur veröffentlicht und diese glaubt Pfalz nicht als beweiskräftig dafür ansehen zu dürfen, dass Glaucom keine Veränderung in der Krümmung der Hornhaut hervorbringen könne. Er glaubt sie dem Charakter der Erkrankung nach, sowie in Bezug auf Intensität und Dauer auf gleiche Stufe mit den Fällen unter A und B stellen zu müssen, in denen ja auch ein Einfluss des Glaucoms auf die Cornealkrümmung als unwahrscheinlich angenommen wurde. Schwere Formen, wie sie unter C angeführt sind, einer längeren Beobachtung zu unterziehen, ist unzulässig, da die Rücksicht auf die damit verbundene schwere Schädigung des Sehvermögens ein frühzeitigeres Eingreifen gebietet.

Pfalz kommt am Schlusse seiner Arbeit zu der Annahme, dass, wenn nicht der Zufall einmal solche Beobachtung gestatte, wir uns mit der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit von Vermuthungen begnügen müssen. Er glaubt aber auch, dass schon eine grössere Statistik als seine, manches Aufklärende über die vorliegende Frage bieten würde, speciell, ob Cornealastigmatismus nur eine zufällige Complication oder unter Umständen die Folge des Glaucoms sei.

Helmholtz sagt in seiner klassischen Arbeit: „Ueber die Accommodation des Auges“ im I. Band des v. Graefeschen Archivs (1854), in welcher er das Ophthalmometer in die Ophthalmologie einführt: „Ich halte es für wahrscheinlich, dass solche — ophthalmometrische — Messungen an erkrankten Augen angestellt, interessante Resultate liefern könnten. Ich habe nämlich gefunden, dass die Hornhautkrümmung, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, von dem Drucke der Flüssigkeiten im Auge abhängt, so dass der Krümmungsradius der Hornhaut desto grösser wird, je grösser der Druck ist.“

Zehn Jahre später hat Schelske unter der Leitung von Helmholtz auf experimentellem Wege der Frage näher zu kommen gesucht in seiner Arbeit: „Ueber das Verhältniss des intraocularen Drucks und der Hornhautkrümmung des Auges.“*) Dieselbe wurde ausgeführt in Heidelberg im Jahre 1864.

Schelske experimentirte, ähnlich wie v. Helmholtz, an enucleirten Thier- und Menschenaugen und benutzt zum Ablesen bei seinen Versuchen das Ophthalmometer von Helmholtz. An diesen Augen konnte Schelske die Cornealveränderungen bei Druckzuwachs nicht über die ganze Hornhaut bestimmen, sondern er musste sich auf ihre wichtigste Partie d. h., auf den centralen Theil beschränken. Dieser Theil wurde durch den Mittelpunkt der scheinbaren Pupille bestimmt. Er fand nun bei seinen Versuchen, dass sich das Centrum abflacht und zwar steht die Abflachung und die Druckzunahme innerhalb des Auges in einem nachweisbaren regelmässigen Zusammenhang. Hier sei noch einer Beobachtung Schelskes gedacht, auf die ich bei meinen Versuchen noch zurückkommen werde. Schelske fand nämlich, dass bei einer gewissen Höhe des Drucks, der Krümmungsradius, welcher bis dahin

*) Archiv f. Ophthalmol. Bd. X, Abth. 2.

stetig zugenommen hatte, nicht allein nicht stehen blieb, sondern sogar kleiner wurde. Bei weiterer Erhöhung des Druckes folgte ein kurzes Stehenbleiben und schliesslich wieder eine gleichmässige Vermehrung der Abflachung. Diese Beobachtung veranlasste Schelske zu anatomischen Untersuchungen, deren Resultat ich hier wörtlich mittheilen will:

„Macht man feine Schnitte, in der Richtung und Gegend des Cornea-Scleralfalzes, normal auf den Augapfel, so erkennt man an diesen in der Gegend des Canalis Schlemmii und dessen innerer Wand stark wellige Fasern circular um die Hornhaut hinziehen, so dass sie etwas hinter diesem Canal den inneren Theil der Sclerotica einnehmen, während vorn gestreckte vorlaufen. Auch an der anderen Seite des Canalis Schlemmii verlaufen die Fasern gewellt, aber in meridionaler Richtung, während sie in den äusseren Partien der Sclera geradlinig hinziehen.

Sehr ähnlich verhält sich die Sache beim Kaninchen, hier giebt es eine besonders ausgezeichnete Stelle in der Gegend des Ciliarkörperansatzes, wo die inneren Scleralfasern schlingenartige Wellenlinien beschreiben, die äusseren aber gerade sind.“

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle einige Worte über die Versuche von Schelske anzuführen.

Dieselben wurden, wie oben bemerkt, an enucleirten Augen ausgeführt. Jeder, der jemals mit solchen Objecten gearbeitet hat, wird mir gewiss darin beistimmen, dass es ganz unmöglich ist, selbst bei der exactesten Methode ohne Fehler zu arbeiten. Ich selbst habe verschiedene Versuche an enucleirten Augen verschiedener Thiergattungen gemacht, aber stets hatte ich mit den verschiedensten Fehlern zu kämpfen. Eine grosse Fehlerquelle liefert schon die Einbettung. Ich habe dieselbe auf die verschiedenste Art versucht, aber stets konnte ich einen Druck oder eine

Zerrung der Cornea wahrnehmen, war es auch nicht mit blossem Auge, so doch stets durch das Ophthalmometer von Javal und Schiötz. Dieses Instrument hat vor dem Helmholtz'schen Ophthalmometer den Vorzug, dass bei demselben das Tageslicht benutzt werden kann und dass der Krümmungsradius direct abgelesen wird. Das Ablesen der Treppenstufen verräth die geringsten Veränderungen der Hornhautoberfläche, wie sie durch Verdunstung, Accommodationskrampf u. s. w. hervorgerufen werden und verlangt exactere Versuchsbedingungen als das Abschätzen der Distanzen von den drei Lichtern.

Eine zweite Fehlerquelle liegt schon in der Enucleation selbst, denn wie Schelske selbst zugeben muss, waren die Bulbi etwas weich, zusammengefallen. Ich suchte dies so viel als möglich dadurch zu vermeiden, dass ich die Unterbindung des Sehnerven möglichst schnell ausführte; aber auch dies schützte nicht immer. War man aber glücklich bis zu der Einführung der Canüle und Erhöhung des Druckes gelangt, so treten, wenn nicht schon von Anfang an, so doch bald Trübungen der Hornhaut auf, bestehend in Epithelabschilferungen, Bläschenbildung etc., wie sie Schelske ja auch hinreichend beobachtet hat, die sofort unsere Bilder der Cornea zur Unkenntlichkeit verzerrten, unbrauchbar machten. Auf einen andern Punkt, auf den Pfaltz aufmerksam gemacht hat, nämlich auf die Widerstandsfähigkeit des lebenden gegenüber dem todtten Gewebe, will ich nicht so viel Gewicht legen, da doch eine zu kurze Spanne Zeit zwischen der Tödtung des Thieres resp. Enucleation und der Untersuchung liegt. Dagegen muss ich Pfaltz vollständig beistimmen mit Bezug auf den Einfluss des umgebenden Gewebes auf etwaige Gestaltveränderung des Auges.

Durch das Angeführte sind die Fehlerquellen noch lange nicht erschöpft, aber ich glaube, es ist genügend, um

Jedermann klar zu machen, welche Uebelstände bei den Schelskeschen Versuchen unterliefen.

Coccius berichtet im Jahre 1872 in seiner Monographie „Ophthalmometrie und Spannungsmessung am kranken Auge“, dass er bei Glaucomatösen im vorgerückten Alter, besonders bei einseitiger Erkrankung trotz hoher Spannung, Druck - Excavation, Arterienpulses keine nennenswerthe Krümmungsabweichung resp. Vergrößerung des Krümmungsradius gefunden habe, während in jüngeren Jahren eine Drucksteigerung eine ganz erhebliche Abflachung der Hornhaut hervorrufen könne. Er führt ein Beispiel von einem Mann in den dreissiger Jahren an, wo der Krümmungsradius der Hornhaut von 7.75 mm nach der Dissection eines weichen Linsenstaares in Folge der Linsenquellung und Drucksteigerung vorübergehend auf 8,20 mm gestiegen war.

Donders *) war früher ebenfalls zu negativen Resultaten in Bezug auf den Einfluss des intraocularen Druckes auf die Hornhautwölbung gekommen. Auch Laqueur theilt in seiner Arbeit: „Ueber die Hornhautkrümmung im normalen Zustande und unter pathologischen Verhältnissen“ **) Versuche mit, die derselbe an enucleirten Schweinsaugen angestellt hat. Er kommt zu dem Resultate, dass bei Erhöhung des intraocularen Druckes durch Einspritzen von Wasser in den Glaskörperraum, die Cornea sich erheblich abflachte und in allen ihren Durchmesser eine messbare Vergrößerung stattfand.

Diesen Versuchen haften dieselben Bedenken an, wie denjenigen von Schelske.

Georges Martin in Bordeaux, der sich in den letzten Jahren ein Specialstudium aus den klinischen Beobachtungen des Astigmatismus gemacht hat, spricht im Jahre 1885 in

*) v. Graefe's Arch. f. Ophth. VIII. 2, 163.

**) v. Graefe's Arch. f. Ophth. XXX. 1, 113—115.

seinen „Etudes d'Ophthalmométrie clinique“*) über die Beziehungen von Glaucom und Astigmatismus. Er kommt zu folgenden Schlussätzen:

1. In einer gewissen Anzahl von Glaucomfällen ist der Cornealastigmatismus kein unveränderlicher Zustand.
2. Ein gewöhnlicher Astigmatismus kann geringer werden oder ganz verschwinden; er kann sogar durch einen Astigmatismus perversus ersetzt werden.
3. Der Grad des Astigmatismus perversus kann höher werden, je nachdem die Krankheit Fortschritte macht.
4. Derselbe kann sich auch verringern, wenn das Glaucom Rückschritte macht.
5. In einem Falle wurde ein Astigmatismus mit geringster Krümmung in der Horizontalen durch einen schrägen Astigmatismus ersetzt.
6. Diese Abwechslungen im Astigmatismus bei Glaucom können dazu beitragen, den Kliniker über den Verlauf der Krankheit zu unterrichten. In gewissen Fällen spielt das Ophthalmometer die Rolle eines Tonometers.
7. Die Veränderungen werden besonders bei relativ wenig bejahrten Individuen beobachtet; sie sind abhängig vom intraocularen Druck und der Elastizität der Gewebe.
8. Der Astigmatismus perversus wurde in dem Verhältniss von 50 pCt. angetroffen. Seine, bei mehreren Patienten constatirte Veränderlichkeit lasse ihn vielmehr als Folge des Glaucoms, denn als Ursache dieser Affection erkennen.
9. Der Astigmatismus mit schwächst brechendem verticalen Meridian wird durch Incisionen am obern

*) Annal. d'Ocul. Tome XCIII, p. 224—243.

Cornealrand (Sclerotomie, Iridectomy) häufig verstärkt. Solche Incisionen vermindern, allgemein gesprochen, die vertikale Krümmung der Hornhaut.

10. Die plötzliche Abnahme der Sehschärfe, welche einige Zeit nach einer von diesen wegen eines Glaucominsultes ausgeführten Operationen auftritt, kann an die Dilatation des vertikalen Meridians der Hornhaut gebunden sein und durch Cylinder corrigirt werden.

Martin spricht sich in diesen Schlussätzen schon viel bestimmter aus über den Causalnexus zwischen Astigmatismus und Glaucom, als es Pfalz kann. Beide Arbeiten sind zu gleicher Zeit, ganz unabhängig von einander erschienen. Martin betont als der Erste die Veränderlichkeit des perversen Astigmatismus und misst derselben erhebliche klinische Bedeutung bei.

In der 4. Versammlung der französischen ophthalmologischen Gesellschaft im April 1886 kommt Martin auf die Frage zurück in seinem Vortrage „Des variations dans le degré et le sens de l'astigmatisme cornéen, chez les glaucomateux.“ Die Beweise, die er zur Stütze der von ihm zuerst constatirten Veränderlichkeit des Astigmatismus während der Entwicklung des Glaucomes anführt, theilt er ein in

A. indirecte, und zwar:

1. Die sehr bemerkenswerthe Häufigkeit des perversen Astigmatismus bei Glaucom.

Während Pfalz bei Abzug der Glaucomatösen unter allen Patienten nur 2,3 pCt. mit perversen Astigmatismus zählte, fand er bei den Glaucomatösen 41 pCt. und Martin 50 pCt.

2. Die sehr grosse Zahl der Fälle, wo die Refraction des verticalen Meridians relativ geringer ist in dem Auge, das einzig glaucomatös ist, oder stärker glaucomatös als das andere.

Von 9 Patienten, die Martin tabellarisch anführt, sprechen 8 für die Regel und von 8 Patienten von Pfalz 6.

B. in directe:

1. Fünf, von Martin in verschiedenen Intervallen ophthalmometrisch sicher untersuchte Fälle, in denen während der Evolution des Glaucomes der Krümmungsradius des verticalen Meridianes stetig zugenommen hatte.
2. Vier Fälle, in denen Martin unter dem Einfluss einer antiglaucomatösen Behandlung eine progressive Abnahme des Krümmungsradius des verticalen Meridianes beobachtete.

Schoen weist in seiner letzten Arbeit*) — „Die Accommodationsanstrengung und deren Folgen“ — ebenfalls auf das häufige Zusammentreffen von Glaucom mit Astigmatismus perversus hin. Unter 10 beobachteten Fällen dieser Form von Astigmatismus (Tabelle IV), findet sich bei zweien die Notiz hochgradige Excavation, bei zwei andern randständige, während fünfmal mittlere Excavation, die sog. accommodative Excavation Schoen's vorgemerkt ist, und nur ein einziges Mal jede Excavation fehlte.

Leider ist von diesen 10 Fällen nur einer ophthalmometriert worden, der hochgradigste (— c 15 || und — 30 — c 18 || 165) und hier war die Hornhaut nicht der Sitz des Astigmatismus.

Schoen legt ebenfalls besondern Nachdruck auf die Veränderlichkeit des umgekehrten Astigmatismus.

Dass nach Eserin-Einträufung in menschliche und thierische Augen neben Krampf des Ciliarmuskels, auch Verkürzung des Hornhautradius zu Stande kommt, ist durch ophthalmometrische Untersuchungen von v. Reuss**) und von Stocker***) nachgewiesen. Ob der Accommodations-

*) Arch. f. Ophth. XXXIII. 1, 19.

**) Arch. f. Ophth. XXIII. 3.

***) Arch. f. Ophth. XXX. 1.

spasmus einzig die Veränderung der Hornhautwölbung bedingt oder ob eine Veränderung des intraocularen Druckes mitwirkt, kann aus den bisherigen Beobachtungen nicht mit Sicherheit geschlossen werden.

Die einschlägigen Thierversuche, die ich vor dem Erscheinen der letzt mitgetheilten Arbeit von Georges Martin und Schoen auf Rath von Herrn Prof. Pflüger unternommen habe, wurden angestellt in einem Zimmer des hiesigen physiologischen Instituts, welches Herr Prof. Kronecker mir in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung gestellt hatte. Ich benutze gern die Gelegenheit, ihm an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank dafür auszusprechen.

Als Versuchsthiere benutzte ich Kaninchen. Um von vorn herein jede Störung, die von Seiten des Thieres durch Bewegung etc. gemacht werden konnte, auszuschliessen, ging ich folgendermassen vor. Nachdem das morphinisirte Thier aufgespannt war, wurde zuerst zur Tracheotomie geschritten, alsdann zur Aufsuchung der Vena jugularis externa, in die eine Kanüle eingebunden wurde. In die Vene wurde eine 1procentige Lösung von Curare gespritzt. Die Wirkung des Curare trat augenblicklich ein und um nun zu verhüten, dass das Thier erstickte, wurde die Trochealcanüle, mit dem im hiesigen physiologischen Institut befindlichen Apparat zur Unterhaltung von künstlicher Athmung in Verbindung gebracht. Da der Apparat, wie ich glaube, kaum allgemein bekannt, doch bei Versuchen, wie die vorliegenden, von grösster Wichtigkeit ist, so will ich auf eine Beschreibung, wie sie von Herrn Prof. Kronecker mir geboten wurde, etwas näher eintreten.

Kronecker's Apparat zur künstlichen Athmung wird durch beistehende Figur verdeutlicht. Der Apparat besteht aus einem (bekanntem) Wassertrommelgebläse und aus einem (neu construirten) Schieberhahn, welcher dient, den continuirlichen Luftstrom des Gebläses in beliebigen Intervallen zu unterbrechen. Zur Bewegung des Schieberhahns ist das aus dem Gebläse abfliessende Wasser dienstbar gemacht.

Das Wassertrommelgebläse besteht aus einem etwa 20 Liter

fassenden Blechcylinder A mit den Zu- und Abflüssen für Wasser und Luft. Wasser strömt unter möglichst hohem Drucke durch das Rohr W durch, die Kupferblechtrommel Tw und die

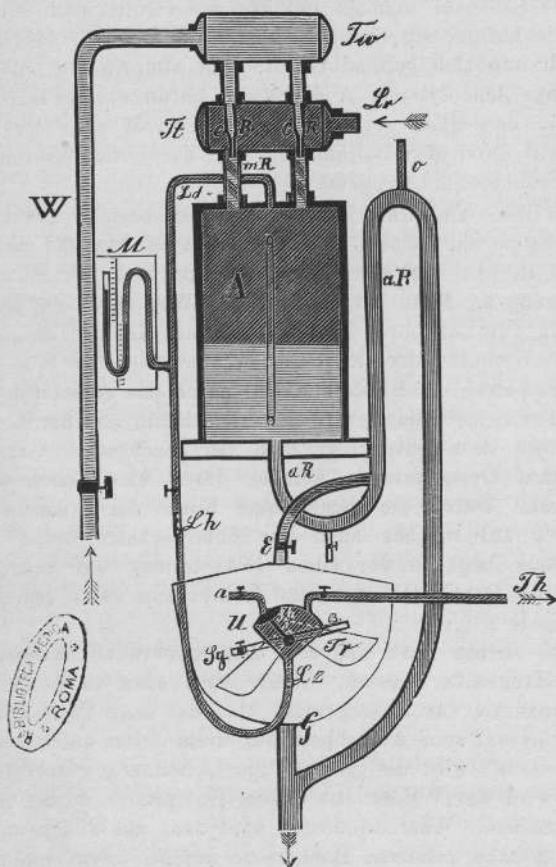


Fig. A.

beiden conisch endenden Röhren cR, cR in die weiteren Mischröhren mR. Das herabfließende Wasser reisst aus der Lufttrommel Tl die durch das Saugrohr Lr nachströmende Luft in die Mischröhren herab. Der Wasserluftschaum trennt sich im Sammelcylinder A zu einer unten gesetzten Wasserschicht und

einer darüberstehenden Luftschicht. Das Wasser läuft durch das S förmig gebogene Abflussrohr aR erst ab, wenn der Luftdruck das Wasser bis zur höchsten Stelle des Ausflussrohrs hinaufgedrückt hat. Das Abflussrohr ist so weit, dass der absteigende Schenkel niemals mit Wasser gefüllt wird, sondern durch die Luftöffnung O Luft nachströmen kann, so dass keine Heberwirkung sich geltend macht. Die comprimirte Luft entweicht aus dem Cylinder A durch das Luftdruckrohr Ld. Den Druck in demselben zeigt der Mamometer M an. Der Luftstrom tritt durch den Lufthahn Lh und das Luftzuflussrohr Lz in den Unterbrechungsapparat U.

Der Blas- und Unterbrechungsapparat besteht aus einem Schieberhahne Sh, welcher in einer Luftkapsel hin und her beweglich ist. In der einen Kreuzstellung deckt er die Ausströmöffnung a. Dann hat die Luft den Weg durch die andere Röhre Th zur Luftröhre des Thieres frei. In der entgegengesetzten Kreuzstellung des Schieberhahnes ist der Weg zum Thiere gesperrt; die Blasluft strömt durch das Ansatzrohr ins Freie. Der Schieberhahn wird rhythmisch hin und her bewegt durch einen Schaukeltrog Tr, d. h. ein Blechgefäss von der Form eines Doppelpisma, welches durch eine Scheidewand halbirt ist. Durch die gemeinsame Kante des Prisma läuft eine Axe, auf welcher auch der Schieberhahn sitzt. Der Schaukeltrog liegt in der einen Ruhestellung auf seitlicher Schlagseite. Dann steht das eine Hohlprisma unter dem Einflusshahne E.

Durch diesen kann aus dem Abflussrohre aR Wasser in die eine Troghälfte fließen. Wenn diese etwa zu $\frac{2}{3}$ gefüllt ist, gewinnt sie das Uebergewicht über das leere Prisma, fällt zur Seite bis auf seine Aufschlagleiste, dreht somit die Schieberhahnaxe; damit wird die gleichzeitige Luftöffnung geschlossen. Sogleich wird das Wasser aus diesem Hohlprisma in den Ausguss G entleert. Während dessen wird aber das andere unter den Einflusshahn gehobene Hohlprisma gefüllt, gewinnt seinerseits das Uebergewicht und holt den Schieberhahn auf die erste Luftöffnung zurück. Die Häufigkeit der Luftunterbrechung hängt dennoch von der Grösse des Wassereinflusses ab, kann also durch den Hahn E regulirt werden.

Ausserdem kann aber auch das Verhältniss der Respirationszeit zur Expirationszeit variirt werden durch ein Schiebengewicht an einem graduirten Wagbalken, der gleichfalls an den

Schaukeltrog — Schieberhahnaxe — befestigt ist. Giebt man dem Exspirationsprisma das Uebergewicht, so wird dies Gefäss mit wenig Wasser schon umkippen. Das andere Prisma braucht dagegen umsomehr Wasser, um das Uebergewicht zu erlangen, d. h. also längere Zeit zur Füllung.

Derart kann das Verhältniss der Respirationsphasen ebenso wie die Frequenz der Respiration beliebig verändert werden. Der Apparat fungirt so lange völlig gleichmässig, wie der Wasserdruck (annähernd) gleich bleibt.

Das Einbinden einer Kanüle in die Vene hatte das Gute, dass ich leicht, ohne das Thier bewegen zu müssen, eine zweite Gabe von Curare der ersten folgen lassen konnte, im Falle die Wirkung der ersten nachliess. Auf diese Weise war ich gegen alles geschützt und vollständig unabhängig von der Dauer des Versuchs.

Zur Erhöhung des intraocularen Druckes benutzte ich das durch die Arbeit von Hoeltzke und Graser (Hoeltzke's Arbeit ist im Archiv für Ophthalmologie Bd. XXIX unter dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen über den Druck in der Augenkammer“ und Graser's Arbeit im Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. XVII, Heft 5 unter dem Titel: „Manometrische Untersuchungen über den intraocularen Druck und dessen Beeinflussung durch Atropin und Eserin“) und durch die exacte und ausführliche Arbeit von Fr. Stocker über „den Einfluss der Mydriatica und Myotica etc.“ genügend bekannte Doppelmanometer. Der eine Schenkel desselben war verbunden mit einem kurzen, sehr dickwandigen Kautschukschlauch, um so jede Nachgiebigkeit der Wandung bei stark erhöhtem Druck auszuschliessen. Dieser Kautschukschlauch war in Verbindung gebracht mit einer Kanüle, wie sie Schulten in seiner Arbeit: „Experimentelle Untersuchungen über die Circulationsverhältnisse des Auges*“), benutzte und auch ausführlich beschreibt. (Eine Abbildung findet sich in Graefe's Archiv f. Ophth. Bd. XXX. Abth. III, Tafel I). Der ganze Apparat wurde mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt.

Zum Ablesen der Veränderungen der Hornhautkrümmung verwandte ich das bekannte Ophthalmometer von Javal und Schiötz.

v. Graefe's Archiv f. Ophth. XXX. III und IV.

Zur Beleuchtung benutzte ich Tageslicht, welches mir vollständig genügte.

Waren so alle Vorbereitungen zum eigentlichen Versuche genau getroffen, so wurde das Thier auf den Bauch gelegt und der Kopf in einer möglichst natürlichen Lage befestigt. Jetzt wurde das Ophthalmometer auf- und eingestellt und zur ersten Ablesung geschritten.

Einschalten will ich noch, dass ich hier gleich auf eine kleine Unannehmlichkeit stiess, welche das Curarisiren mit sich brachte. Ich meine nämlich die Vertrocknung der Hornhaut, welche sich bald, da durch das Curare der Lidschlag unmöglich gemacht war, einstellte, und zwar schon in der aller kürzesten Zeit. (Bruchtheil einer Minute). Ein Ablesen war so schlechterdings unmöglich, indem durch die xerotischen Veränderungen der Hornhaut ihre Reflexbilder sofort ganz verzerrt wurden. Wie Schelske, der über diesen Punkt keine Angaben macht, an todten Augen überhaupt Reflexe bekam, die eine irgendwie ordentliche Einstellung und Ablesung erlaubten, ist mir nicht recht verständlich.

Als ich einmal auf diesen Uebelstand aufmerksam geworden war, war es leicht, denselben durch eine kleine Vorrichtung zum Irrigiren auszuschalten. Aber auch bei der Irrigation mit Wasser von Zimmertemperatur, wie ich sie zuerst versuchte, machte ich schlechte Erfahrungen. Der Ciliarmuskel gerieth durch den Reiz des kalten Wassers dermassen in krampfartige Contractionen, die ziemlich langsam nachliessen, dass von exactem Ablesen nicht die Rede sein konnte, Durch Anwendung von lauwarmem Wasser liessen sich diese kleinen Missstände dauernd beseitigen.

Kehren wir jetzt zur Ablesung zurück, so wurden genau notirt die Lage des Meridians schwächster Krümmung, der Astigmatismus in Dioptrien und die Grösse der Radion schwächster und stärkster Krümmung. Diese Ablesung musste deshalb besonders genau genommen werden, da sie als Controle dienen musste bei der ersten Ablesung nach Einführung der Kanüle. War dies alles zur Zufriedenheit erledigt, so wurde zur Aufstellung des Doppelmanometers geschritten. Nachdem er vollständig waagerecht gestellt war, wurde der Quecksilberstand in den beiden äusseren Schenkeln, welcher natürlich gleich hoch sein musste, abgelesen und auch notirt. Jetzt war alles zur Einführung der Kanüle bereit. Dieselbe wurde mit

drei Fingern gefasst, das Auge mit einer Pincette durch die andere Hand leicht fixirt und nun in den Glaskörper eingestossen. Zuweilen zeigte sich jetzt, dass das Auge leicht rotirt war. Das liess sich aber ohne Schwierigkeit durch Fixation des Caoutschukschlauches corrigiren.

Da der Druck im Auge ein höherer als im Doppelmanometer war, so fiel das Quecksilber in dem mit dem Auge verbundenen Schenkel und stieg natürlich im entgegengesetzten. Durch die Compensationsschraube erhöhte man den Druck soweit, bis das Quecksilber in dem dem Auge zugewandten Schenkel die gleiche Höhe wie vor der Einführung der Canüle hatte. Den wirklichen Druck im Auge konnte man jetzt einfach im abgewandten Schenkel ablesen.

Wurde jetzt das Ophthalmometer eingestellt und stimmte die jetzige Ablesung mit der vor der Einstossung der Canüle gefundenen in jeder Hinsicht überein, so war das Experiment bis dahin vollständig gelungen.

Es wurde jetzt der Druck von 5 zu 5 Minuten um 10 mm Quecksilber gesteigert und abgelesen. Bei jeder Ablesung wurde notirt:

1. Zeit;
2. Stand des Quecksilbers im abgewandten und in dem mit dem Auge verbundenen Schenkel;
3. Axe des Meridians schwächster Krümmung, die dem grossen Radius entsprechend, einfach als „grosse Axe“ bezeichnet wird;
4. Grösse des Krümmungsradius des Meridians schwächster Krümmung, der Kürze halber „grosser Radius“ (R) genannt;
5. Astigmatismus in Dioptrien;
6. Grösse des Radius stärkster Krümmung, „kleiner Radius“ (r) genannt.

Zum Schluss will ich noch bemerken, dass ich zum exacten Versuche unbedingt die Beobachtung von Pulsschwankungen im Manometer rechne.

Zu den Versuchen selbst übergehend, will ich aus denselben zehn herausgreifen und anführen, solche, die volle Garantie für ihre technische Correctheit darbieten. Es ist selbstverständlich, dass bei derartigen Untersuchungen eine grosse Reihe Versuchsthier und Versuchstage ge-

opfert werden müssen, bis alle technischen Schwierigkeiten überwunden sind, bis das Experiment fehlerfrei wird.

Um die Uebersicht zu erleichtern, soll neben der tabellarischen Mittheilung der Resultate bei jedem Versuch das Verhalten der beiden Meridiane, ausgedrückt durch R und r, und des Astigmatismus, sowie der Drehungswinkel von R, resp. der grossen Axe graphisch dargestellt werden.

Die Versuche führten keineswegs zu einem einheitlichen Resultate, auch findet sich kein gut charakteristisches Princip, um dieselben in eng zusammengehörige Gruppen zu ordnen. Es verhielt sich nicht ein Auge dem erhöhten intraocularen Drucke (+T) gegenüber genau so wie ein zweites. Sogar bei ein und demselben Thiere reagiren die beiden Hornhäute vollständig verschieden.

Ich beginne mit zwei Versuchen, die sich vor den andern dadurch auszeichnen, dass sie an demselben Thiere unternommen wurden und daher auch Vergleiche der Veränderungen der beiden Hornhäute gestatten. Es sind das

Versuch XXIV.

Tabelle 1.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
4.45	25	0	25	— 80	7,167	1,25	6,958
4.50	35	2½	32½	— 80	7,167	1,25	6,958
4.55	45	6	39	— 75	7,125	1,0	6,958
5.—	55	9	46	— 72	7,125	1,0	6,958
5. 5	65	12	53	— 70	7,125	0,75	7,0
5.10	75	14½	60½	— 65	7,125	0,5	7,041
5.15	85	18	67	— 60	7,125	0,25	7,083
5.20	95	21½	73½	— 57	7,25	1,0	7,083
5.25	105	24½	80½	— 51	7,292	1,25	7,083
5.30	115	28	87	— 45	7,292	1,25	7,083
5.35	125	32	93	— 30	7,208	0,75	7,083
5.40	135	35½	99½	— 27	7,08	0,75	7,083
5.45	145	38½	106½	— 27	7,208	0,5	7,125

leider die einzigen Experimente dieser Art, da ich durch verschiedene Umstände, wie Beleuchtung, Zeitmangel etc. an einem Tage an der Benutzung beider Augen des Thieres verhindert wurde.

Tabelle 1 giebt das Resultat, das am rechten Auge (o. d.) dieses Kaninchens gewonnen wurde.

Bei einer normalen Spannung (T. n.) von 25 Hg. mm, beträgt R (Fig. 1) 7,167 mm. Schon bei 39 Hg. mm ver-

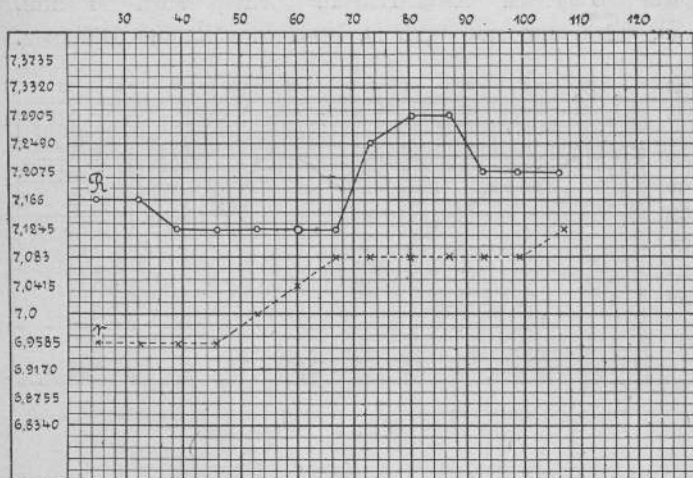


Fig. 1.

ändert sich R, sinkt auf 7,125, um bis zu 67,0 Hg. mm auf diesem Stand zu beharren; nun aber wächst R rasch, bei 73,5 Hg. mm auf 7,25, bei 80,5 H. gmm auf 7,292, um aber bei 93 Hg. mm auf 7,208 nun zurückzugehen und so bis an's Ende des Versuches zu bleiben.

r zeigt ein anderes Verhalten. r verkürzt sich nicht, auch nicht einmal vorübergehend. r bleibt stabil bis zu 46 Hg. mm, 6,958 mm lang, dehnt sich von hier bis zu 67 Hg. mm stetig auf 7,083 mm, bleibt abermals stationär bis 99,5 Hg. mm, um bei der letzten Drucksteigerung auf

106,5 mm nochmals sich zu dehnen, zu 7,125 mm. Während R also nach vorübergehender Verkürzung und stärkerer Dehnung eine definitive Verlängerung von 0,041 mm erlitten hatte, zeichnete sich r aus durch ein Wachsen von 0,167 mm, ohne je eine absteigende Richtung der Curve erfahren zu haben.

Die Abstände der R und r repräsentirenden Curven geben die jeweilige Grösse des Cornealastigmatismus (A). Sechs Dioptrien Astigmatismus entsprechen 1 mm, 1 D. 0,166 mm und 0,25 D. 0,041 mm Radius Differenz.

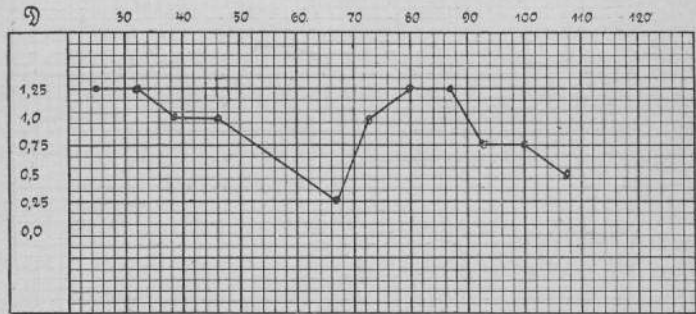


Fig. 2.

Als Einheit der Ordinatenabstände wurde für die Astigmatiscurven 0,25 D. gewählt, entsprechend als Einheit der Ordinatenabstände für die Radiencurven 0,041 mm, welche Grösse der Kürze halber mit Q bezeichnet werden soll.

Der Hornhautastigmatismus (Fig 2), welcher in diesem erst mitgetheilten Versuche XXIV bei T. n. 1,25 D. betragen hatte, ist am Ende des Versuchs auf 0,5 D. zurückgegangen. Nach einem primären Zurückgehen auf 0,25 D. bei 67,0 Hg. mm, nahm er bei weiterer Drucksteigerung auf 80,5 Hg. mm, wieder bis 1,25 D. zu, ohne aber diese Ausgangsgrösse zu übersteigen; von 87 Hg. mm bis zum Schluss geht er wieder zurück.

Von grösstem Interesse und für sämmtliche Versuche

das gemeinsamste Merkmal ist die gleichsinnige Verschiebung der Richtung des grössten Meridians. Der schwächst gekrümmte Meridian lag für T. n. bei -80° (Fig. 3), um sich bei zunehmender Spannung allmählich

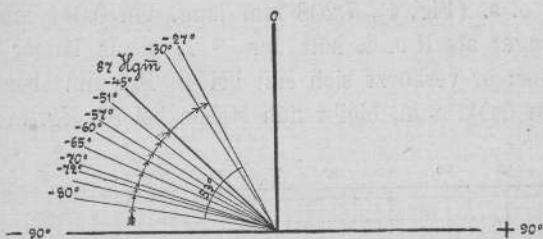


Fig. 3.

und stetig nach -27° zu verschieben. Der grösste Meridian hat also eine Drehung von 53° erlitten in der Richtung von der Horizontalen zur Verticalen. ($L. M. D. = 53^\circ$). Der anfänglich normale Astigmatismus ist übergegangen in einen perversen; die mittlere Richtung von -45° coincidirte mit einem Druck von 87 Hg. mm.

Versuch XXIII.

Tabelle 2.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
3.30	25	0	25	-65	7,208	1,0	7,042
3.35	35	3	32	-65	7,208	1,0	7,042
3.40	45	$5\frac{1}{2}$	$39\frac{1}{2}$	-65	7,208	1,75	6,917
3.45	55	9	46	-60	7,167	1,75	6,875
3.50	65	$12\frac{1}{2}$	$52\frac{1}{2}$	-57	7,167	1,5	6,917
3.55	75	16	59	-57	7,167	1,25	6,958
4.—	85	$19\frac{1}{2}$	$65\frac{1}{2}$	-52	7,208	1,25	7,0
4. 5	95	24	71	-52	7,208	1,25	7,0
4.10	105	28	77	-52	7,208	1,0	7,042
4.15	115	$32\frac{1}{2}$	$82\frac{1}{2}$	-50	7,208	0,75	7,083
4.20	125	$37\frac{1}{2}$	$87\frac{1}{2}$	-45	7,208	0,5	7,125
4.25	135	41	94	-40	7,25	0,75	7,125
4.30	145	45	100	-30	7,292	0,75	7,167
4.35	155	$48\frac{1}{2}$	$106\frac{1}{2}$	-20	7,292	0,75	7,167

Das linke Auge (o. s.) desselben Kaninchens zeigt gegenüber der + T ein ganz anderes Verhalten als das rechte Auge.

T. n. beträgt wie in o. d. 25 mm.

R. o. s. (Fig. 4), 7,208 mm lang, um 0,041 mm oder 1 Q länger als R o. d. hält der + T. etwas länger Stand als zuvor; er verkürzt sich erst bei 46 Hg. mm aber ebenfalls um 0,041 mm, bleibt nun stehen bei 59 Hg. mm, um

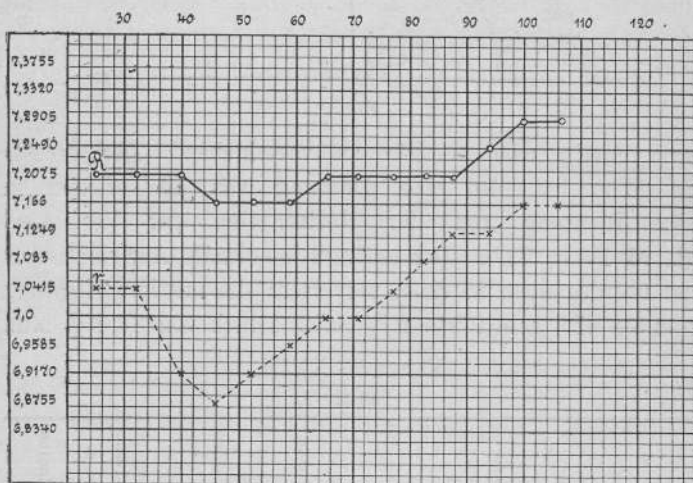


Fig. 4.

bei 65,5 Hg. mm seine erste Länge zu gewinnen, dieselbe weiter zu behaupten bis 87,5 Hg. mm und von da an noch um 2 Q zuzunehmen.

R o. s. schwankt in nahezu denselben Grenzen wie R o. d., unterscheidet sich aber von diesem wesentlich dadurch, dass er nach einer primären geringen Verkürzung sich nur noch vergrößert und nicht wie R o. d. ein zweites Mal sich verkürzt.

r o. s. von Anfang um 2 Q länger als r o. d., verhält sich der + T. gegenüber ganz anders als r o. d. Während

r o. d., ohne eine Verkürzung zu erleiden, sich nur verlängert hatte, im Ganzen um 4 Q, verjüngt sich r o. s. erst

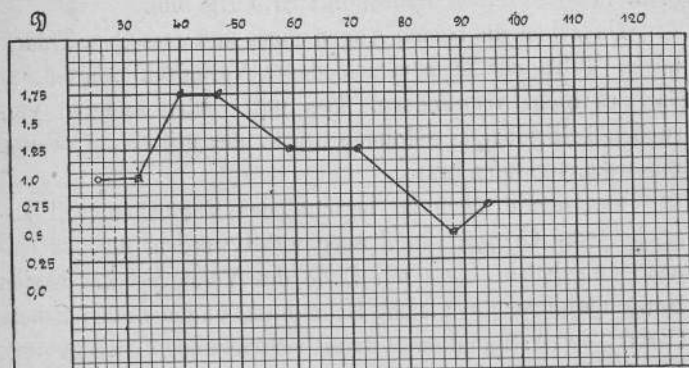


Fig. 5.

bei 40 Hg. mm um 4 Q, um von da an bis Ende des Versuchs sich zu vergrössern und eine schliessliche absolute Streckung von 3 Q. zu erreichen.

Der Astigmatismus, welcher bei T. n. 1 D. betragen hatte, nahm bei + T. erst lebhaft zu, erreichte 1,75 D. bei 39 Hg. mm, um aber bald wieder zu schwinden, bis auf 0,5 D. bei 87,5 D. und schliesslich wieder auf 0,75 anzusteigen.

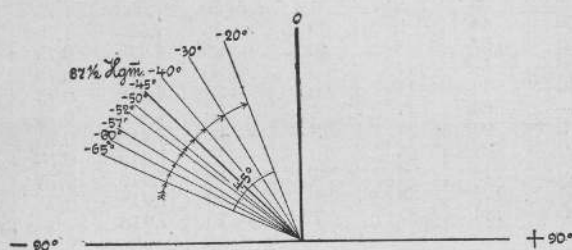


Fig. 6.

$$\perp \text{ M. D.} = 45^\circ.$$

Der schwächstgekrümmte Meridian dreht sich consequent von der Horizontalen zur Verticalen, von -65° zu

—20°. Die Mittellage von 45°, der Uebergang vom normalen in perversen Astigmatismus coincidirte hier wie in o. d. mit demselben Druck, mit 87,5 Hg. mm.

Da schon die beiden Augen eines und desselben Thieres gegen + T. ein sehr verschiedenes Verhalten zeigten, so darf es nicht verwundern, dass unter allen anderen Versuchen kein einziger gefunden wurde, der mit einem zweiten identisch verlaufen wäre.

Von den 8 noch zu berichtenden Versuchen soll zunächst eine Gruppe von 3 ausgewählt werden, die das Gemeinsame haben, dass am Ende des Versuches die beiden Hauptmeridiane die gleiche Krümmung angenommen haben. ($R=r$), der Astigmatismus somit verschwunden ist. ($A=0$), Es sind dies die Versuche XXI, XXII und XIV.

Versuch XXI.

o. s.

Tabelle 3.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioprien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
8.30	24	0	24	— 52	7,458	1,25	7,25
8.35	34	2 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$	— 40	7,583	1,75	7,292
8.40	44	5 $\frac{1}{2}$	39	— 35	7,583	1,75	7,292
8.45	54	8	46	— 30	7,418	0,75	7,292
8.50	64	11	53	— 30	7,418	0,75	7,292
8.55	74	14 $\frac{1}{2}$	59 $\frac{1}{2}$	— 30	7,418	0,75	7,292
9.—	84	17 $\frac{1}{2}$	66 $\frac{1}{2}$	— 30	7,418	0,75	7,292
9. 5	94	21 $\frac{1}{2}$	73	— 30	7,418	0,75	7,292
9.10	104	25	79	— 18	7,418	0,75	7,292
9.15	114	29 $\frac{1}{2}$	84 $\frac{1}{2}$	— 18	7,418	0,75	7,292
9.20	124	33	91	— 13	7,418	0,5	7,333
9.25	134	37	97	— 10	7,418	0	7,418

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 7) mit 7,458 mm beginnend, streckt sich gleich bei 31,5 Hg. mm um 3 Q., verharrt ruhig bis 39 Hg. mm.

sinkt bei 46 Hg. mm um 4 Q und bleibt nun bis Ende des Versuches (97 Hg. mm) unverändert.

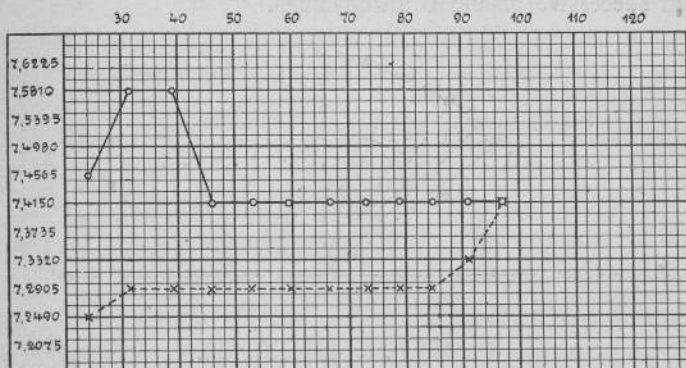


Fig. 7.

r. von 7,25 ausgehend, wächst auch schon bei 31,5 Hg. mm, aber nur um 1 Q, bleibt ruhig bis 84,5 Hg. mm, um von da an noch um 3 Q zuzunehmen und am Schluss bei 97 Hg. mm genau die Grösse von R, 7,417 mm zu erreichen.

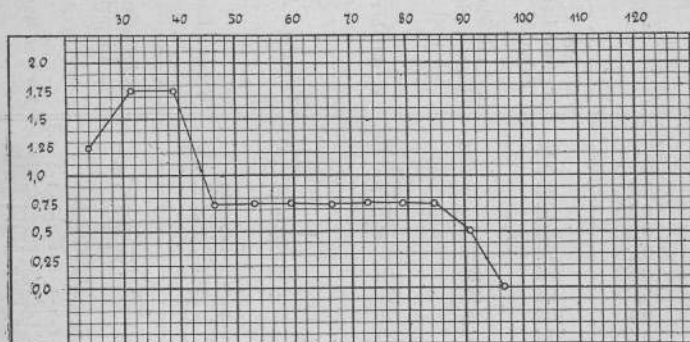
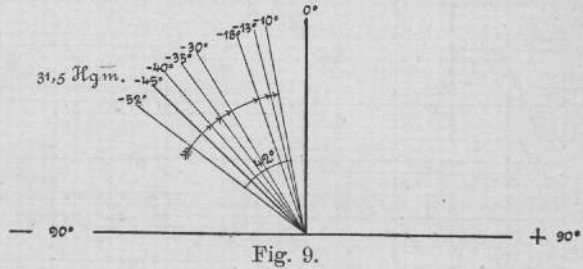


Fig. 8.

Der Astigmatismus (Fig. 8), der beim intacten Auge 1,25 D betragen hatte, stieg entsprechend der ungleichen Dehnung der beiden Radien schon bei 31,5 mm auf 1,75,

um von 39 bis 49 Hg. mm um 1 D. zurückzugehen, auf diesem Niveau sich zu halten bis 89,5 Hg. mm und von da an successive bis auf 0 abzunehmen.



└ M. D. = 42° (Fig. 9).

Der Meridian schwächster Krümmung verschiebt sich von -52° zu -10° ; die Gleichgewichtslage von 45° hatte er schon bei der ersten + T. von 31,5 Hg. mm überschritten.

Versuch XXII.

o. d.

Tabelle 4.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
10.—	24	0	24	— 50	7,583	0	7,583
10. 5	34	3	31	— 47	7,583	0	7,583
10.10	44	5½	38½	— 45	7,542	0,5	7,458
10.15	54	6½	45½	— 45	7,542	0,75	7,417
10.20	64	12	52	— 45	7,542	0,75	7,417
10.25	74	16	58	— 40	7,5	1,25	7,333
10.30	84	20	64	— 30	7,458	1,25	7,292
10.35	94	23½	70½	— 30	7,417	1,0	7,292
10.40	104	28	76	— 17	7,417	0,75	7,292
10.45	114	32½	81½	— 12	7,417	0,5	7,333
10.50	124	36	88	— 7	7,417	0,25	7,375
10.55	134	39½	94½	— 2	7,417	0	7,417

Dieser Versuch zeichnet sich durch die vollkommene Wölbung, durch den mangelnden Astigmatismus der normalen Hornhaut aus:

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 10) verkürzt sich bei 38,5 Hg. mm um 1 Q, bleibt stationär bis 58 Hg. mm, verkürzt sich nun successive um weitere 3 Q und behauptet diese Länge bis zum Ende (94,5 Hg. mm).

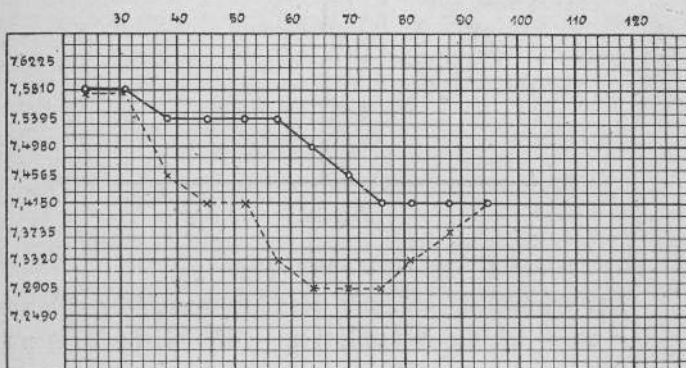


Fig. 10.

r ausgangs genau gleich gross, wie R, verkürzt sich auch bei 38,5 Hg. mm, aber rascher als R, um 3 Q, bei 45,5 Hg. mm um ein weiteres Q, bleibt bis 52 Hg. mm, verkürzt sich aber wieder um 3 Q, bis zu 64 Hg. mm, um von

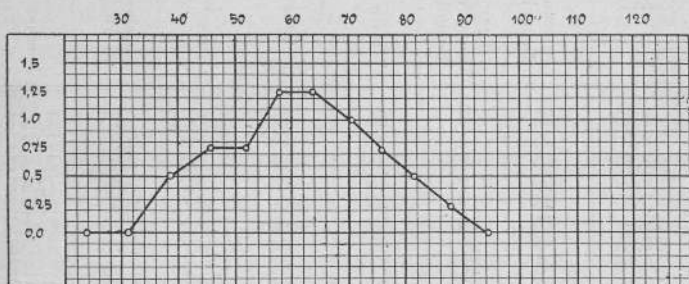


Fig. 11.

da hinweg bis Ende des Versuches gleichmässig sich zu verlängern und schliesslich, wie im Anfang, wieder mit R sich zu decken.

Die Curve von A (Fig. 11), geht aus von 0 und endet mit 0, durchläuft dazwischen eine Linie mit etwas unregelmässiger Hebung und gradliniger Senkung.

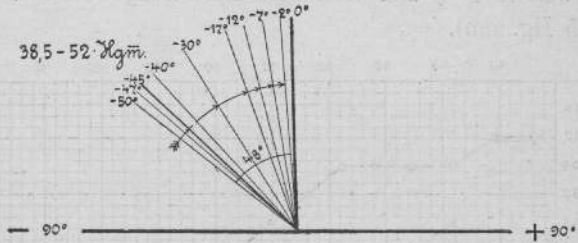


Fig. 12.

L. M. D. = 48° (Fig. 12).

Der schwächstgekrümmte Meridian verschiebt sich von -50° zu -2° , die Neutrale von -45° bei 38,5 Hg. mm erreichend und bis zu 52 Hg. mm festhaltend.

Versuch XIV.

o. s.

Tabelle 5.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	in abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
9.35	25	0	25	-68	7,082	0,25	7,041
9.40	35	4	31	-68	7,082	0,25	7,041
9.45	45	$6\frac{1}{2}$	$38\frac{1}{2}$	-68	7,082	0,25	7,041
9.50	55	9	46	-66	7,082	0,25	7,041
9.55	65	12	53	-66	7,25	2,5	6,833
10.—	75	16	59	-66	7,292	2,75	6,833
10. 5	85	20	65	-66	7,292	2,75	6,833
10.10	95	$23\frac{1}{2}$	$71\frac{1}{2}$	-60	7,292	2,25	6,917
10.15	105	27	78	-60	7,292	2,25	6,917
10.20	115	30	85	-45	7,292	2,25	6,917
10.25	125	34	91	-38	7,25	0,75	7,125
10.30	135	38	97	-25	7,25	0,5	7,167
10.35	145	$41\frac{1}{2}$	$130\frac{1}{2}$	-15	7,25	0,25	7,208
10.40	155	45	110	-10	7,25	0	7,25

T. n = 25 Hg. mm.

R (Fig. 13), normaliter 7,082 mm, bleibt bis zu 46 Hg. mm unverändert, verlängert sich bis zu 59 Hg. mm um 5 Q, behält diese Grösse bis zu 85 Hg. mm, verkürzt sich bei 91 Hg. mm, um 1 Q, um bis zum Ende des Experimentes (110 Hg. mm) sich nicht mehr zu ändern.

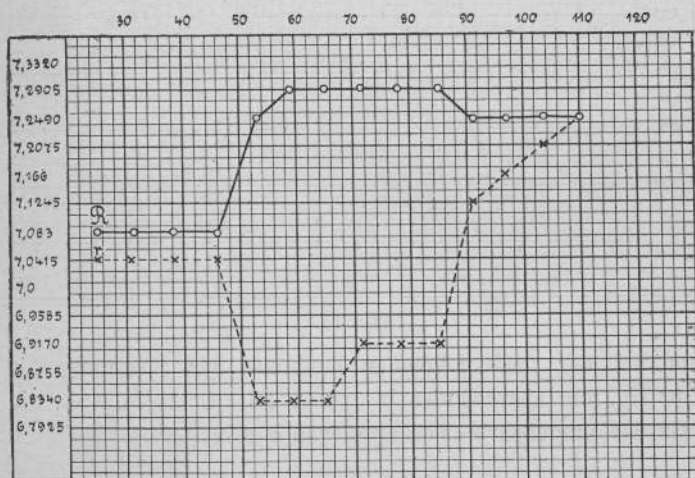


Fig. 13.

r, um 1 Q kleiner als R, verharret auf seiner Ausgangsgrösse gleich lang wie R, bis 46 Hg. mm, verkürzt sich bei 53 Hg. mm ganz rapid um 5 Q, bleibt stationär bis 65 Hg. mm, dehnt sich bis 71,5 Hg. mm um 2 Q, verharret so bis 85 Hg. mm, um bei der folgenden Druckzunahme von 6 Hg. mm ebenso rapid sich zu verlängern um 5 Q, wie es sich verjüngt hatte beim Steigen des Hg von 46 auf 53 mm. In regelmässigem langsamen Tempo wächst r noch bis zum Schluss (110 Hg. mm) um hier mit R gleichwerthig zu sein.

Der Astigmatismus (Fig. 14), der bei T. n. blos 0,25 D. betragen und bis zu 46 Hg. mm sich nicht verändert hatte, wächst beim Uebergang zu 53 Hg. mm Dank der acuten

Dehnung von R und gleichzeitigen Schrumpfung von r ganz plötzlich um volle 2,25 D, bei 59 Hg. mm um weitere 0,25 D,

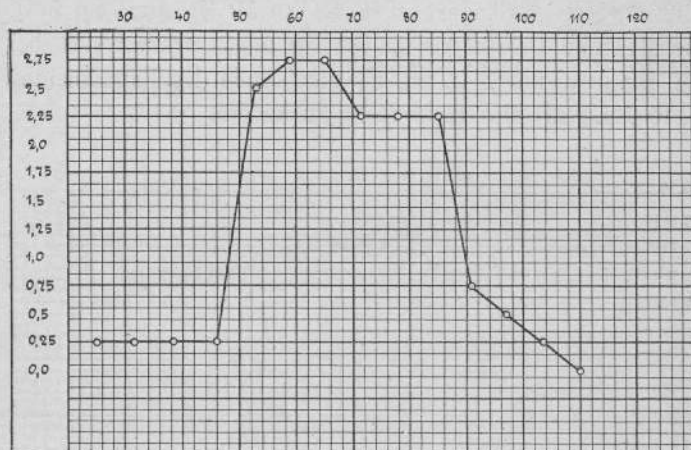


Fig. 14.

um bei der noch folgenden Zunahme der Spannung bis 110 Hg. mm abzunehmen bis zu 0, einer Curve folgend, die fast das umgekehrte Verhalten von r zeigt.

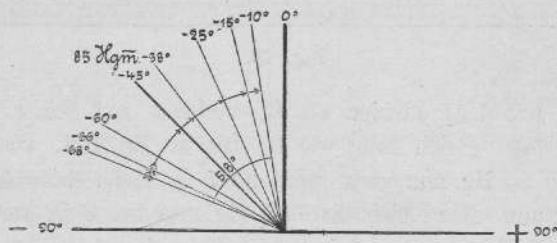


Fig. 15.

└ M. D. = 58° . (Fig. 15).

Der Meridian schwächster Krümmung dreht sich von -68° zu -10° , die Neutrals in -45° bei 85 Hg. mm erreichend.

Eine weitere Gruppe von 3 Versuchen (XXXVIII, XIX, XXV) hat eine noch weniger innige Verwandtschaft unter

seinen Componenten, als die vorige; sie zeichnet sich wesentlich durch ihre einfachen, wenig gebrochenen Curven von R und r aus.

Versuch XXXVIII.

o. s.

Tabelle 6.

Zeit	Druck			Grosse Arc Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	in abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
3.15	24	0	24	+ 75	7,583	1,75	7,292
3.20	34	3	31	+ 70	7,5	1,25	7,292
3.25	44	6½	37½	+ 70	7,417	0,75	7,292
3.30	54	10	44	+ 60	7,417	0,75	7,292
3.35	64	14	50	+ 55	7,417	1,0	7,25
3.40	74	18	56	+ 55	7,417	1,5	7,167
3.45	84	21½	62½	+ 55	7,458	2,25	7,083
3.50	94	26	68	+ 50	7,583	3,25	7,042
3.55	104	31	73	+ 50	7,625	3,5	7,042
4.—	114	35½	78½	+ 50	7,666	3,25	7,125
4.5	124	40	84	+ 50	7,666	3,0	7,167
4.10	134	44	90	+ 45	7,666	2,75	7,208
4.15	144	48½	95½	+ 40	7,666	2,75	7,208

Versuch XXXVIII hat mit dem zweiterwähnten Versuch XXIII das Gemeinsame, dass R sowohl als r sich erst verkürzen und nachher verlängern, allerdings in verschiedenem Masse und bei andern Tensionen, so dass die Astigmatismus-Curve eine ganz andere wird.

T. n. = 24 Hg. mm.

R (Fig. 16) beginnt sofort mit Verkürzung, bei 31 Hgmm um 2 Q, bei 37,5 Hg. mm um weitere 2 Q, bleibt jetzt constant bis 56 Hg. mm, verlängert sich von da stetig bis zu 78,5 Hg. mm, um 6 Q, und bleibt nun bis zum Schlusse (95,5 Hg. mm) ruhig.

r hält der + T. gegenüber länger Stand als R, bis zu 44 Hg. mm, zieht sich von da an bis zu 68 Hg. mm um 6 Q stetig zusammen, bleibt nun constant bis 73 Hg. mm, dehnt sich jetzt aber allmählich bis 90 Hg. mm um 4 Q, in dieser Grösse bis zu Ende (95,5 Hg. mm) verharrend.

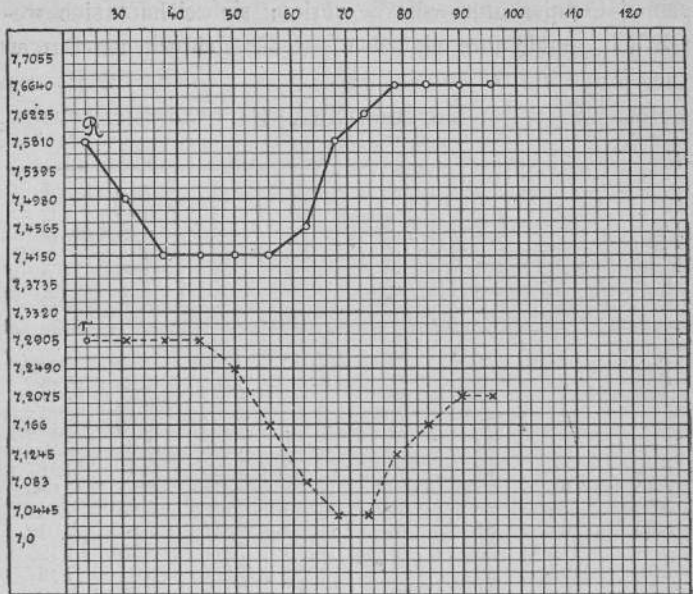


Fig. 16.

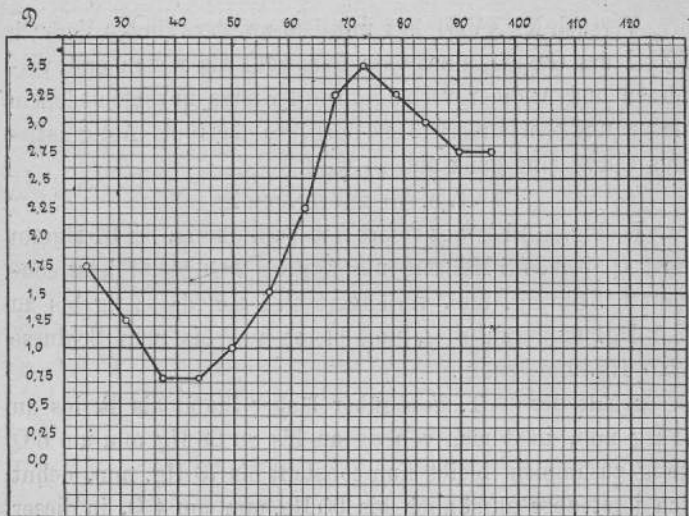


Fig. 17 (Curve von A).

Der Astigmatismus (Fig. 17), anfänglich 1,75 D, schwindet bis 37,5 Hg. mm um 1 D, bleibt so bis 44 Hg. mm, wächst nun stetig bis 73 Hg. mm auf 3,5 D, geht bis 90 Hg. mm auf 2,75 D zurück, sich bei 95,5 Hg. mm nicht mehr ändernd.

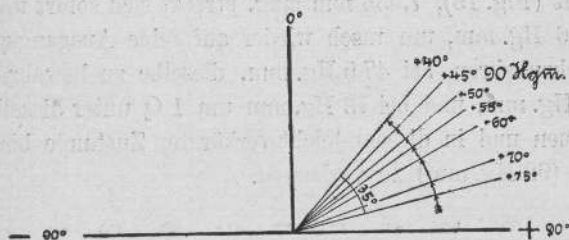


Fig. 18.

└ M. D. = 35° (Fig. 18.)

Der Meridian schwächster Krümmung dreht sich von + 75 zu + 40.

Versuch XIX.

o. s.

Tabelle 7.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
3. 5	25	0	25	- 90	7,333	0	7,333
3.10	35	4½	31½	- 90	7,417	0,5	7,333
3.15	45	9	36	- 90	7,542	1,5	7,292
3.20	55	13	42	- 85	7,5	1,25	7,292
3.25	65	17½	47½	- 85	7,333	0,75	7,208
3.30	75	21	54	- 83	7,333	0,75	7,208
3.35	85	25	60	- 83	7,333	1,5	7,083
3.40	95	28½	66½	- 80	7,333	1,5	7,083
3.45	105	32	73	- 76	7,292	1,25	7,083
3.50	115	36	79	- 76	7,292	1,25	7,083
3.55	125	39½	85½	- 75	7,292	1,25	7,083
4.—	135	43	92	- 75	7,292	0,5	7,208

Während r, wie in XXVIII, erst sich verkürzt und nachher verlängert, zeigt R das umgekehrte Verhalten. Qua-

litativ verändern sich die beiden Radien wie in XIV, aber das Quantitative und Zeitliche und damit das Curvenbild ist ein sehr verschiedenes.

T. n. = 25 Hg. mm.

R (Fig. 19), 7,333 mm lang, streckt sich sofort um 5 Q, bis 36 Hg. mm, um rasch wieder auf seine Ausgangsgrösse zurückzukehren, bei 47,5 Hg. mm, dieselbe zu bewahren bis 66,5 Hg. mm, und bei 73 Hg. mm um 1 Q unter dieselbe zu kommen und in diesem leicht verkürzten Zustande bis zum Ende (92 Hg. mm) zu verharren.

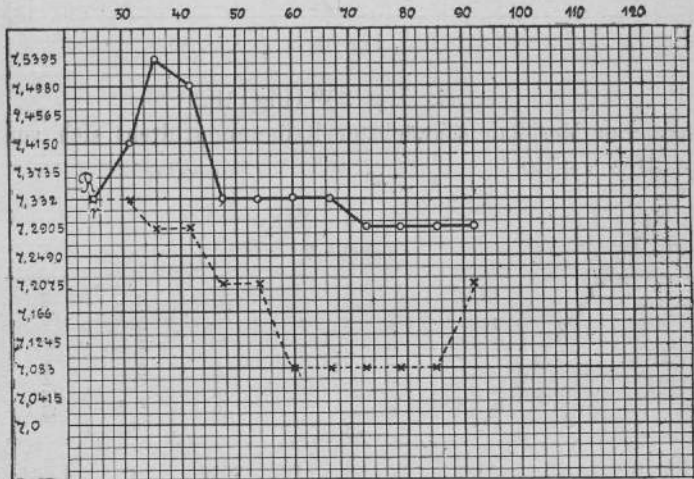


Fig. 19.

r gleich lang wie R, 7,333 mm, zieht sich bei 36,5 Hg. mm beginnend, sprungweise zusammen um 6 Q, bis zu einem Drucke von 60 Hg. mm, behält seine gewonnene Länge von 7,08 bis 85,5 Hg. mm, um bei der letzten Hebung des Hg auf 92 mm 3 Q sich wieder zuzusetzen.

Ich vermute, dass bei weiterer Drucksteigerung eine weitere Dehnung zu Stande gekommen und r wieder gleich R geworden wäre. Wir hätten dadurch die Parallele mit

XIV weiter ausgeführt bekommen. Während in XIV die Differenz von R und r bei T. n. bloss 1 Q betragen hätte, ist sie hier gleich 0 und bei einer T. von 91 resp. 92 Hg. mm beträgt sie in XIV 3 Q, in XIX 2 Q; die Differenz dieser Differenzen ist hier gleich der bei T. n., gleich 1 Q.

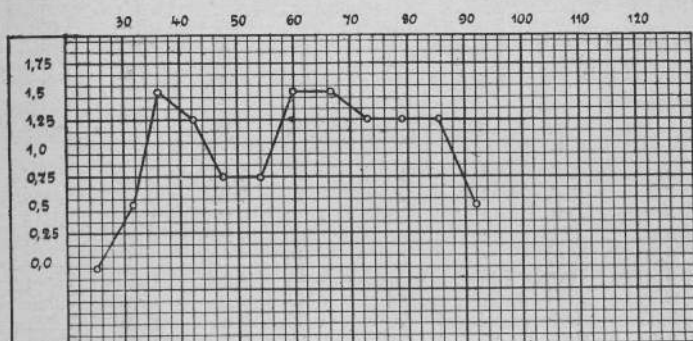


Fig. 20 (Curve von A).

Der Astigmatismus (Fig. 20), anfangs 0 wie in XXII, steigt bei 36 Hg. mm auf 1,5 D, fällt nach einer Schwankung von 0,75 D am Schluss auf 0,5 D und wäre voraussichtlich

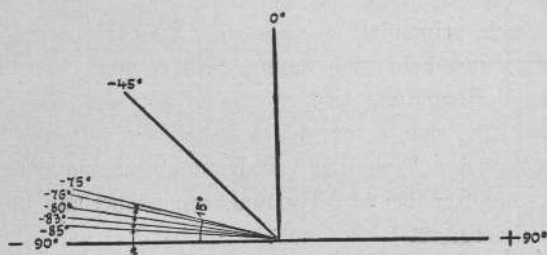


Fig. 21.

bei weiterer Druckvermehrung auf 0 zurückgegangen, womit auch eine nahe Beziehung mit XXII prägnant hervorgetreten wäre. Der Astigmatismus ist stets normal geblieben.

⊥ M. D. = 15° (Fig. 21).

Der Meridian schwächster Krümmung dehnt sich von -90° zu -75° .

Versuch XXV.

o. d. Tabelle 8.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirkliefer				
3.—	24 $\frac{1}{2}$	0	24 $\frac{1}{2}$	-75	7,25	1,0	7,083
3.5	31 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	32	-75	7,25	1,0	7,083
3.10	44 $\frac{1}{2}$	6	38 $\frac{1}{2}$	-70	7,208	0,75	7,083
3.15	54 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	45	-60	7,208	0,75	7,083
3.20	64 $\frac{1}{2}$	13	51 $\frac{1}{2}$	-45	7,208	0	7,208
3.25	74 $\frac{1}{2}$	17	57 $\frac{1}{2}$	+45	7,208	0,5	7,292
3.30	84 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{1}{2}$	64	+40	7,25	0,25	7,292
3.35	94 $\frac{1}{2}$	24	70 $\frac{1}{2}$	+30	7,25	0,25	7,292
3.40	104 $\frac{1}{2}$	27	77 $\frac{1}{2}$	+10	7,25	0,5	7,333
3.45	114 $\frac{1}{2}$	30	84 $\frac{1}{2}$	-15	7,25	0,75	7,375
3.50	124 $\frac{1}{2}$	34	90 $\frac{1}{2}$	-25	7,292	0,5	7,375
3.55	134 $\frac{1}{2}$	37 $\frac{1}{2}$	97	-30	7,333	0,5	7,417
4.—	144 $\frac{1}{2}$	41	103 $\frac{1}{2}$	-35	7,333	0,5	7,417
4.5	154 $\frac{1}{2}$	44	110 $\frac{1}{2}$	-35	7,333	0,75	7,458

Versuch XXV steht in lockerem Zusammenhang mit einer überhaupt wenig eng geschlossenen Gruppe. Sein R verhält sich principiell wie R in XXXVIII, seine Curve sinkt erst und hebt sich dann. Sein r geht wie in XXI nur eine Verlängerung ein.

Ganz für sich steht der Versuch da mit Bezug auf das gegenseitige Verhalten von R und r zueinander. Dieselben coincidiren bei 51,5 Hg. mm, um nach Ende und Anfang zu divergiren.

Der Versuch steht ferner ganz einzig da mit Bezug auf die Richtungsänderung des schwächstgekrümmten Meridians, der auf einmal von -45° nach $+45^\circ$ überspringt, so dass ganz eigentlich R und r ihre Rollen gegenseitig tauschen.

R, 7,25 lang, contrahirt sich bei 38,5 Hg. mm um 1 Q,

bleibt ruhig bis 51,5 Hg. mm, verlängert sich um 2 Q bei 57,5 Hg. mm, bleibt wieder stehen bis 70,5 Hg. mm, um von da bis zum Schluss mit zwei kleinen Ruhepausen um weitere 4 Q sich zu dehnen.

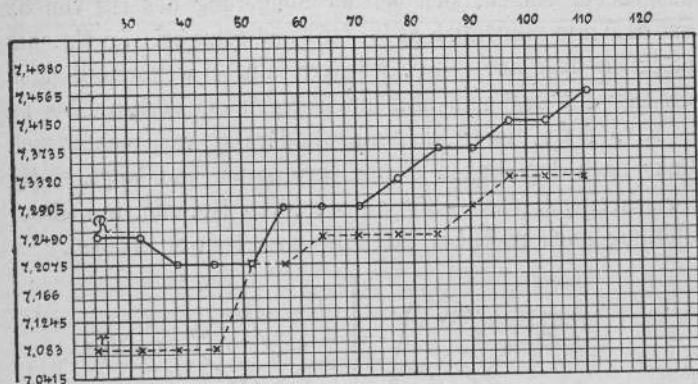


Fig. 22.

r, von 7,083 mm Länge ausgehend, trotz der + T. bis 45 Hg. mm, setzt sich bei 51,5 Hg. 3 Q zu, die Grösse von R erreichend. Bei 57,5 Hg. mm noch gleich gross, springt r von + 45° nach - 45° hinüber und dehnt sich bis zum Ende (110,5 Hg. mm) um weitere 3 Q, ohne je vorübergehend sich zu contrahiren.



Fig. 23 (Curve von A).

Der Astigmatismus, (Fig. 23) normaliter 1 D, schwindet anfangs bis 0 bei 51,5 Hg. mm, um nachträglich wieder

zu wachsen und nach zweimaliger vorübergehender Verminderung mit 0,75 D abzuschliessen.

Eigenartige Wandlungen erleidet die Richtung der beiden Hauptmeridiane; der schwächstgekrümmte, von -75° ausgehend, schiebt sich bei der Steigerung des Hg von 32 auf 51,5 mm allmählich auf -45° und setzt bei 57,5 Hg. mm plötzlich über auf $+45^\circ$, wandert nun bei weiterem Steigen des Hg auf 77,5 mm allmählich gegen die Verticale bis zu $+10^\circ$, folgt dieser Richtungswanderung von rechts nach links nach dem linken oberen Quadranten und langt, stetig fortschreitend, auf -35° an bei 103,5 Hg. mm, um dieser Stellung auch noch bei 110,5 Hg. mm treu zu bleiben.

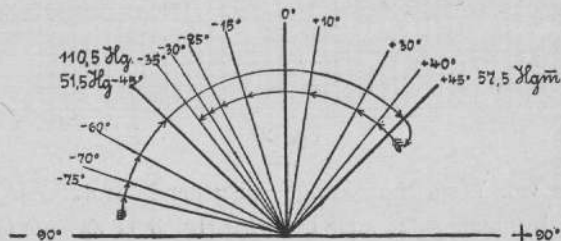


Fig. 24.

Es ist dies der einzige Versuch, in dem die Hauptmeridiane die Verticale überschreiten und dies gerade zweimal; der schwächstgekrümmte Meridian geht in einem Stück von -45° zu $+45^\circ$ und von da langsam zurück zu -35° .

Es ist dies auch der einzige Versuch, wo derselbe Meridian, wenn auch nur relativ, von der Verticalen sich entfernt.

┌ M. D. beträgt, wenn wir seine vollständige Abrollung und theilweise Wiederaufröllung in Rechnung bringen, 200° .

Die noch folgenden 2 Versuche XX und XXXII haben keine wesentlichen Kennzeichen gemeinschaftlich. Versuch XX zeichnet sich durch seine mehrfach gebrochene Curve von r, Versuch XXXVI durch die ebenso vielfach gebrochene Curve von R aus.

Versuch XX.

o. s. Tabelle 9.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioprien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
4.20	25	0	25	-75	7,5	1,0	7,333
4.25	35	3½	31½	-75	7,625	2,25	7,25
4.30	45	7	38	-75	7,666	2,5	7,25
4.35	55	11½	43½	-75	7,666	1,5	7,417
4.40	65	15	50	-72	7,666	1,5	7,417
4.45	75	19½	55½	-70	7,625	1,75	7,333
4.50	85	24	61	-65	7,5	1,5	7,25
4.55	95	29½	65½	-65	7,458	1,25	7,25
5.—	105	34	71	-65	7,458	1,25	7,25
5. 5	115	38½	76½	-62	7,458	1,25	7,25
5.10	125	43	82	-60	7,417	0,75	7,292
5.15	135	47	88	-60	7,417	0,75	7,292
5.20	145	51½	93½	-60	7,417	0,75	7,292
5.25	155	54	101	-55	7,375	0,5	7,292

T. n. = 25 Hg. mm.

R (Fig. 25) ursprünglich 7,5 mm lang, erhält, gleich der + T. nachgebend, erst einen Zuwachs von 4 Q bei 38 Hg. mm, behält denselben bis 50 Hg. mm, nimmt nun

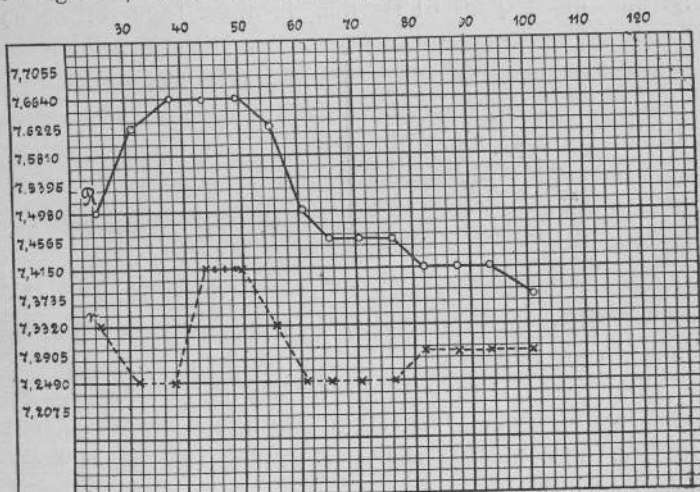


Fig. 25.

stetig ab, erst rascher, später langsamer und mit Unterbrechung um 7 Q, verliert also von seiner Anfangsgrösse 3 Q.

r, 7.333 mm lang, verändert sich gleich bei der ersten + T., aber in entgegengesetztem Sinne wie R, er verkürzt

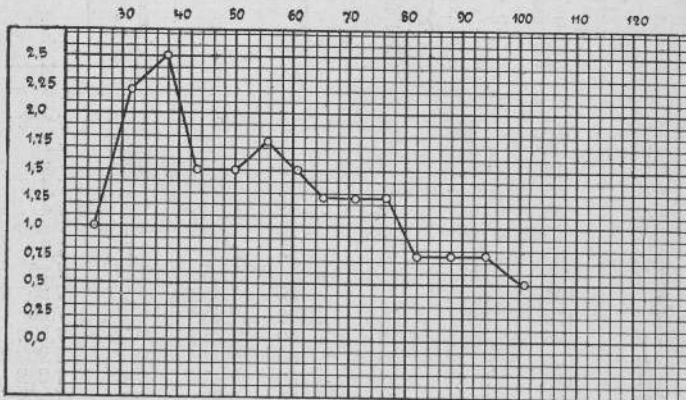


Fig. 26 (Curve von A).

sich bei 31,5 Hg. mm um 2 Q, verharret so bis 38 Hg. mm, nimmt nun bei 43,5 Hg. mm plötzlich um 4 Q zu, um rasch sich wieder zusammenzuziehen, sowie das Hg höher geht als 50 mm, um 4 Q bis 61 Hg. mm, in dieser Lage verharrend

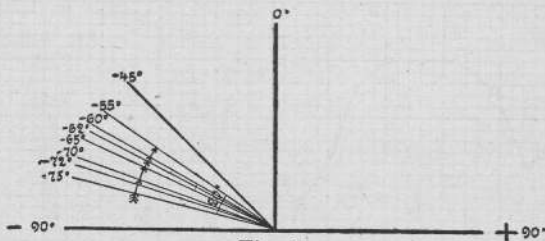


Fig. 27.

bis 76,5 Hg. mm, dehnt r sich noch um 1 Q bei 82 Hgmm, um bis zum Schluss (101 Hg. mm) constant zu bleiben.

Der Astigmatismus (Fig. 26) hebt mit 1 D an, steigt schon bei 38 Hg. mm auf sein Maximum von 2,5 D, um bis zu Ende, unterbrochen von einer kleinen Schwankung nach oben und mehreren Ruhepausen, auf 0,5 D zurückzugehen.

└ M. D. = 20° (Fig. 27).

Der schwächstgekrümmte Meridian verschiebt sich von — 75° zu — 55°.

Versuch XXXVI.

o. s. Tabelle 10.

Zeit	Druck			Grosse Axe Grad	Grosser Radius	Astigmatismus in Dioptrien	Kleiner Radius
	im abgewandten Schenkel	in d. mit dem Thiere verb. Schenkel	Wirklicher				
4.25	24	0	24	— 45	7,417	1,0	7,25
4.30	34	2 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$	— 45	7,458	1,25	7,25
4.35	44	5 $\frac{1}{2}$	39	— 45	7,583	2,0	7,25
4.40	54	8	46	— 45	7,583	2,5	7,167
4.45	64	12	52	— 40	7,542	2,5	7,125
4.50	74	16	58	— 37	7,5	2,75	7,042
4.55	84	19 $\frac{1}{2}$	64 $\frac{1}{2}$	— 37	7,5	3,25	6,958
5.—	94	23 $\frac{1}{2}$	71	— 37	7,666	4,25	6,958
5.5	104	27	77	— 37	7,75	5,5	6,833
5.10	114	31	83	— 35	7,666	5,0	6,833
5.15	124	34 $\frac{1}{2}$	89 $\frac{1}{2}$	— 35	7,583	4,0	6,917
5.20	134	38 $\frac{1}{2}$	96	— 35	7,583	3,5	7,0
5.25	144	42	102	— 33	7,583	3,25	7,042
5.30	154	45	109	— 30	7,583	3,0	7,083

Dieser Versuch zeichnet sich ausser durch das Verhalten seiner R-Curve aus durch das Maximum des acquirirten Astigmatismus.

R (Fig. 28), ursprünglich 7,417 mm lang, gibt sofort nach, dehnt sich bei 39 Hg. mm schon um 4 Q, bleibt ruhig bis 46 Hg. mm, verjüngt sich um 2 Q bis 58 Hg. mm, bleibt wieder ruhig bis 69,5 Hg. mm, streckt sich nun acut um 6 Q bei 77 Hg. mm, schrumpft wieder um 4 Q bis zu 89,5 Hg. mm und verharrt nun in dieser Grösse bis zum Enddruck von 109 Hg. mm.

r, 7,25 mm lang, bleibt unverändert bis 39 Hg. mm, contrahirt sich nun aber mit Ausnahme eines kurzen Momentes des Stationärbleibens unaufhaltsam und intensiv,

um 10 Q bis 77 Hg. mm, bei welchem Drucke R seine grösste Länge von 7,75 mm erreicht hatte. Nach kurz

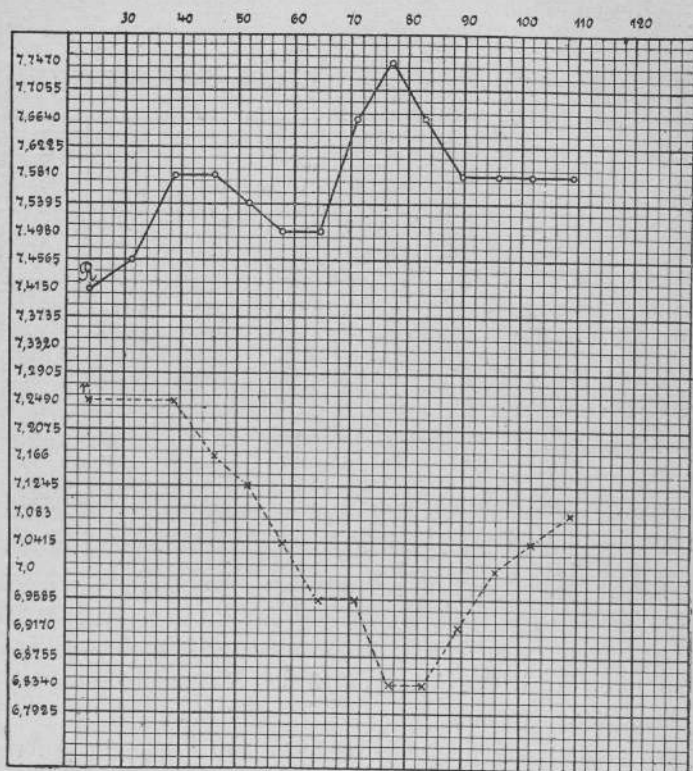


Fig. 28.

dauerndem Niveauhalten verlängert sich r von da an stetig bis zum Ende um 6 Q.

Der Astigmatismus (Fig. 29) der normalen Cornea von 1 D nimmt mit dem einzigen Stillstand (39—46 Hg. mm) constant zu und erreicht bei 77 Hg. mm den Höhepunkt von 5 D, um von hier bis zum Ausgang des Versuchs constant zurückzugehen bis auf 3 D.

|_ M. D. (Fig. 30) = 15°.

Der schwächstgekrümmte Meridian dreht sich von -45° nach -30°.

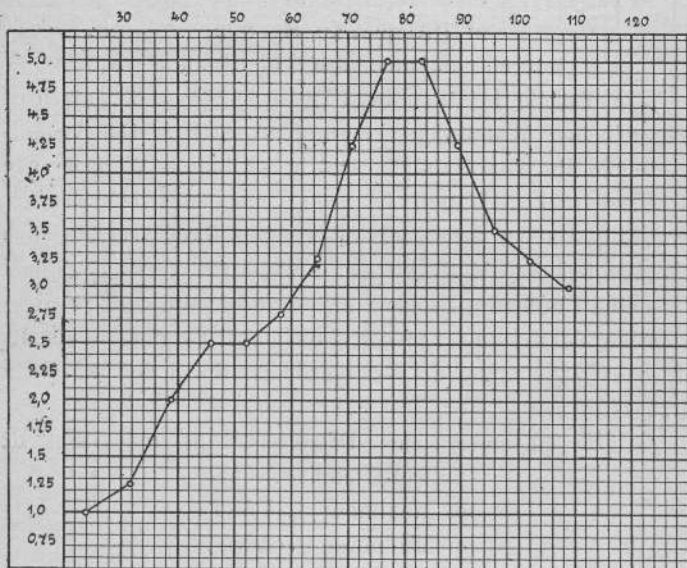


Fig. 29 (Curve von A).

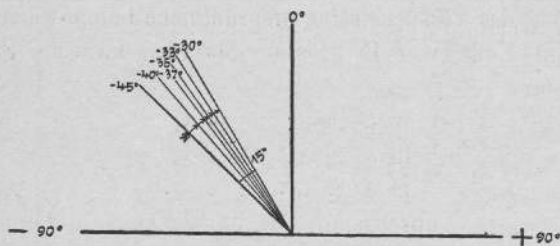


Fig. 30.

Vergleichen wir nun die 10 angeführten Versuche bezüglich der uns interessirenden Punkte.

1. Der normale intraoculare Druck.

Die physiologische Spannung betrug:

in 4 Augen 24 Hg. mm

in 5 Augen 25 Hg. mm

in 1 Auge 24,5 Hg. mm

durchschnittlich also 24,5 Hg. mm.

In Tabelle 11 sind die 10 verschiedenen R mit ihren sämtlichen Wandlungen zusammengestellt. Die Verlängerungen und Verkürzungen sind in + und — Werthen von Q ausgedrückt. Wegen des sehr verschiedenen Verhaltens von R gegenüber der Drucksteigerung in ihren verschiedenen Graden bei der relativ kleinen Anzahl von Versuchen giebt uns eine Durchschnittscurve für sämtliche R eine weniger richtige Vorstellung von den wirklichen Vorgängen als die directe Vergleichung der verschiedenen R bei den einzelnen Druckstufen.

Unter physiologischen Druckverhältnissen beträgt R:

im Durchschnitt 7,358

im Maximum . 7,583

im Minimum . 7,082;

Die grösste Differenz beträgt also 0,51, 3 D entsprechend.

In keinem Versuche bleibt R unverändert oder nahm mit Ende des Versuchs seine ursprüngliche Länge wieder ein.

Am Ende war R grösser geworden in sechs Fällen, und zwar

in 2 Fällen um 4 Q

in 3 „ um 2 Q

in 1 Falle um 1 Q

durchschnittlich um 2,5 Q,

kleiner dagegen in 4 Fällen, und zwar:

in 1 Falle um 4 Q

in 1 „ um 3 Q

in 2 Fällen um 1 Q

durchschnittlich um 2,25 Q.

2. Der grosse Radius.

Tabelle 11.

No. der Versuche	Differenz von Anfang und Ende																		
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	
XXIV	7,167			-1						+3	+1	=	=	-2					+1 Q = + 0,25 D.
XXIII	7,208			-1	-1			+1						+1	+1				+ 2 Q = + 0,5 D.
XXI	7,458	+3			-4														- 1 Q = - 0,25 D.
XXII	7,583	=		-1					-1	-1	-1								- 4 Q = - 1,0 D.
XIV	7,082						+4	+1											+ 4 Q = + 1,0 D.
XXXVIII	7,583	-2	-2	-3	-1			+1	+3	+1	+1								+ 2 Q = + 0,5 D.
XIX	7,333	+2	+3	-1		-4				-1									- 1 Q = - 0,25 D.
XXV	7,25	=		-1				+1						+1	+1				+ 2 Q = + 0,5 D.
XX	7,5	+3	+3	+1			-1	-3	-1			-1							- 3 Q = - 0,75 D.
XXXVI	7,417	+1	+3			-1	-1			+4	+2	-2	-2						+ 4 Q = + 1,0 D.

Der End-R aller 10 Fälle war
 im Durchschnitt 7,383 mm
 im Maximum 7,666 mm
 im Minimum 7,208 „

Die grösste Differenz beträgt 0,458 mm, 2,75 D entsprechend. R aller zehn Fälle ist am Ende der Versuche grösser als am Anfang

im Durchschnitt um 0,028 mm 0,5 Q entsprechend
 im Maximum um 0,085 mm = 2 Q
 im Minimum um 0,126 mm = 3 Q.

Wie verhält sich nun R gegenüber den einzelnen Spannungsgraden?

R bleibt entweder in seiner ursprünglichen Grösse, im Gleichgewicht (Glg.), oder wird länger oder kürzer. Das primär verlängerte R kann sich sekundär verkürzen, aber immer noch länger bleiben als es ursprünglich war, es verkürzt sich nur relativ, oder aber es kommt wieder ins Gleichgewicht zurück oder es schlägt sogar nach der anderen Seite aus; die primäre Verlängerung geht in eine sekundäre absolute Verkürzung über. Das primär verkürzte R kann ebenfalls sich relativ verlängern, ins Gleichgewicht kommen und sich absolut verlängern. Die relative Verlängerung und Verkürzung ist stets besonders hervorgehoben durch ein beigefügtes r, während unter Verlängerung und Verkürzung kurzweg die absoluten Veränderungen verstanden sind.

Nach diesen Gesichtspunkten geordnet, finden wir R in folgender Häufigkeit vertreten

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 30 Hg. mm	5	4	1	—	—
35 „	5	4	1	—	—
40 „	2	3	4	—	1
45 „	2	2	6	—	—

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 50 Hg. mm.	2	1	6	—	1
55 ..	1	1	6	—	2
60 ..	2	1	5	1	1
65 ..	3	1	4	1	1
70 ..	4	2	4	—	—
75 ..	2	4	4	—	—
80 ..	2	3	4	—	1
85 ..	2	3	4	—	1
90 ..	1	3	4	—	2
95 ..	—	3	4	—	3
100 ..	—	2	2	—	3
105 ..	—	2	—	—	3
110 ..	—	2	—	—	3

Bei 30 Hg. mm bleiben 5 R im Gleichgewicht, 4 werden länger, 1 wird kürzer; bei 35 Hg. mm dieselben Verhältnisse. Bei 40 Hg. mm sind nur noch 2 R im Gleichgewicht, 3 noch länger, dafür sind 4 kürzer geworden und einer der erst verlängerten relativ kürzer. Das Gleichgewicht behalten die 2 R noch bei 45 Hg. mm; bei 50 Hg. mm hat nur noch 1 R (XIV) nicht nachgegeben, während ein anderer R (XIX) nach einer positiven Schwankung in's Gleichgewicht zurückgeschneilt ist. Bei 55 Hg. mm hat auch der letzte normale R seine ursprüngliche Grösse verloren, hat sich um 4 Q gedehnt. Von hier bis zu 70 Hg. mm wächst wieder die Zahl der Gleichgewichtslagen bis zu 4, von denen 3 aus negativen, 1 aus einer positiven Schwankung zurückgekehrt sind. Von 75 bis 85 Hg. mm finden sich je 2 R im Gleichgewicht, bei 90 noch einer und über diesen Druck hinaus keiner mehr. Die Linie des verlängerten R zeigt ihre grösste Elevation am Anfang und gegen Ende (siehe Fig. 31).

Zählt man die relativ kürzeren R zu den längeren, so hebt sie an mit 4, bleibt auf dieser Höhe bis zu 40 Hg. mm,

sinkt nun auf 2 und bleibt ziemlich constant bis zu 70 Hg. mm, nun steigt sie bei 75 Hg. mm wieder auf 4, bei 90 Hg. mm auf 5 und bei 95 Hg. mm gar auf das Maximum von 6.

Die Linie der verkürzten Radien hat einen fast umgekehrten Verlauf; sie hebt mit 1 an, steigt bei 40 Hg. mm auf 4, bei 45 auf 6, sinkt bei 65 Hg. mm auf 5, bei 70 Hg. mm auf 4, um nun auf dieser Höhe bis zu 95 Hg. mm zu bleiben.

Das Längerwerden von R, das Flacherwerden des schwächst gekrümmten Meridians, erklärt sich aus einem Nachgeben des Limbus an der betreffenden Stelle, aus einem Auseinanderweichen der den Limbus constituirenden Scleralfasern, während eine Verkürzung von R ein Festhalten des Scleralfalzes und eine stärkere Wölbung der Hornhaut in Folge grösserer Weichheit ihres Gewebes bedeutet.

Bei 30 und 35 Hg. mm halten in 5 Fällen Sclera und Hornhaut Stand, in 4 Fällen weichen die Limbusfasern, in 1 Fall gibt die ausnahmsweise wenig resistente Cornea nach. Bei 40 Hg. mm wölbt sich schon in 4 resp. 5 Fällen die Hornhaut stärker, bei 45 Hg. mm in 6 Fällen. Die relativ kurzen Radien sind solche, die absolut zu lang sind, bei denen aber doch bereits eine Verkürzung sich eingeleitet hat, bei denen die Hornhaut anfängt, sich auszubuchten. Von diesem Gesichtspunkt aus müssen dieselben zu den verkürzten Radien gezählt werden. So betrachtet, wächst die Zahl der Verkürzungen bei 50 Hg. mm auf 7, bei 55 Hg. mm auf 8, um von da an bis zu 70 Hg. mm successive auf 4 zurückzugehen und nun bis zum Schluss auf dieser Höhe sich zu behaupten.

Bei einem intraocularen Drucke von 45—65 Hg. mm buchtet sich die nachgebende Cornea in der grossen Mehrzahl der Fälle aus, und die Sclera hält wacker Stand, nachdem sie in einer nicht geringen Zahl von Fällen bei beginnender Spannungszunahme etwas sich gedehnt hatte.

Hier scheint die Hornhaut das Maximum ihrer Dehnbarkeit erreicht zu haben; eine weitere Drucksteigerung hat ein erneutes Auseinanderweichen der Limbusfasern im Gefolge. Die Zahl der sich von hier an streckenden R muss bei genauerem Zusehen um die jeweilige Anzahl der Gleichgewichtslagen weniger eine bis zu 70 Hg. mm vermehrt gedacht werden, indem nur eine einzige aus einer positiven Schwankung sich herausgebildet hat, während bei den übrigen das Gleichgewicht durch ein Längerwerden eines erst verkürzten R entstand; diese letztere gilt für alle Gleichgewichtslagen über 70 Hg. mm.

Die Tabelle 12 gibt einen Ueberblick über die 10 verschiedenen r und ihrer durch die Versuche bedingten Veränderungen.

Unter physiologischen Druckverhältnissen beträgt

r im Durchschnitt 7,217 mm
im Maximum 7,583 mm
im Minimum 6,958 mm.

Die grösste Differenz beträgt also 0,625 mm, 3,75 D. entsprechend, um 0,75 D. mehr als die grösste Differenz für R.

r blieb, ähnlich wie R, in keinem Versuche unverändert oder nahm mit Ende des Versuchs seine ursprüngliche Länge wieder an.

Am Ende des Versuchs war r grösser geworden in 5 Fällen und zwar in

1 Fall um 9 Q
1 Fall um 5 Q
2 Fällen um 4 Q
1 Fall um 3 Q
durchschnittlich um 5 Q.

Kleiner geworden in 5 Fällen und zwar in

2 Fällen um 4 Q
1 Fall um 3 Q

3. Der kleine Radius.

Tabelle 12.

No. der Versuche												Differenz von Anfang und Ende							
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75		80	85	90	95	100	105	110
XXIV	6,958					+1	+1	+1	+1									+1	+4 Q = +1,0 D.
XXIII	7,042			-3	-1	+1	+1	+1	+1				+1					=	+3 Q = +0,75 D.
XXI	7,25	+1											+1	+1	+2			+1	+4 Q = +1,0 D.
XXII	7,583			-3	-1								+1	+1					-4 Q = -1,0 D.
XIV	7,041																	+1	+5 Q = +1,25 D.
XXXVIII	7,292					-1	-2	-2	-1	+2	+2	+1	+1					+1	-2 Q = -0,5 D.
XIX	7,333			-1		-2		-3											-3 Q = -0,75 D.
XXV	7,083					+3	-2					+1	+1					=	+9 Q = +2,25 D.
XX	7,333	-2					-2	-2					+1						-1 Q = -0,25 D.
XXXVI	7,25				-2	-1	-2	-2					-3		+2	+2		+1	-4 Q = -1,0 D.

1 Fall um 2 Q
 1 Fall um 1 Q
 durchschnittlich um 3 Q.

Der End-Radius aller 10 Fälle mass:

im Durchschnitt 7,263 mm
 im Maximum 7,458 mm
 im Minimum 7,083 mm.

Die grösste Differenz beträgt also 0,375 mm, 2,25 D. entsprechend, um 0,5 D. weniger als die grösste Differenz für r.

r ist am Ende der Versuche nur im Durchschnitt grösser als am Anfang und zwar um 0,046 mm = 1 Q, dagegen kleiner

im Maximum um 0,127 mm = 3 Q
 im Minimum um 0,125 mm = 3 Q.

Am Anfang der Versuche ist R grösser als r

im Durchschnitt um 0,141 mm = 3,5 Q
 im Maximum um 0 = 0
 im Minimum um 0,124 mm = 3 Q.

Am Schluss der Versuche ist R grösser als r

im Durchschnitt um 0,120 mm = 3 Q
 im Maximum um 0,208 mm = 5 Q
 im Minimum um 0,1205 mm = 3 Q.

Construiren wir aus Tabelle 12 ein analoges Tableau für r, wie wir es aus Tabelle 11 für R construiert hatten, so erhalten wir r

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 30 Hg. mm	8	1	1	—	—
35 „	7	1	2	—	—
40 „	4	2	4	—	—
45 „	4	2	4	—	—
50 „	2	3	4	1	—

	im Gleichgewicht	länger	kürzer	r länger	r kürzer
bei 55 Hg. mm	1	3	5	1	—
60 „	—	3	6	1	—
65 „	—	3	6	1	—
70 „	—	3	5	2	—
75 „	1	3	5	1	—
80 „	—	4	2	4	—
85 „	—	4	2	4	—
90 „	—	5	—	5	—
95 „	—	5	—	5	—
100 „	—	4	—	2	—
105 „	—	4	—	1	—
110 „	—	4	—	1	—

r verhält sich dem wachsenden intraoculären Drucke gegenüber anders als R. Zunächst fällt die grosse Zahl der ursprünglichen Gleichgewichtslagen auf, die aber analog wie bei R mit 50 Hg. mm sämmtlich verschwunden sind. Secundäre Gleichgewichtslagen sind viel seltener als bei R, nur zwei, eine bei 55 Hg. mm nach einer doppelten, erst negativen, dann positiven Schwankung (xx) und eine bei 75 Hg. mm nach einer negativen Schwankung. r leistet also in einer erheblich grösseren Zahl von Fällen der pathologischen Drucksteigerung Widerstand als R.

Die graphische Darstellung der r, welche bei wachsendem Drucke länger werden, giebt eine einfach aufsteigende Linie, die vielfach grosse horizontale Strecken hat, aber nie sich senkt. Bei 30 Hg. mm wird 1 r länger, bei 40 Hg. mm 2 r, bei 50 Hg. mm 3 r, bei 80 Hg. mm 4 r, bei 90 Hg. mm 5 r, also die Hälfte, bei 100 Hg. mm noch 4 r von 6 r.

Die sich verkürzenden r bilden dagegen eine einfach nach oben convexe Curve. Zählen wir die relativ längeren r, die absolut aber kürzer sind, hinzu, so steigt die Curve von 1 bei 30 Hg. mm, auf 2 bei 35 Hg. mm, auf 4 bei 40 Hg. mm,

auf 5 bei 50 Hg. mm, auf 6 bei 55 Hg. mm, auf 7 bei 60 Hg. mm, bleibt so bis 70 Hg. mm und sinkt nun auf 6 bei 75 Hg. mm, auf 5 bei 90 Hg. mm und behauptet bei 100 Hg. mm nur

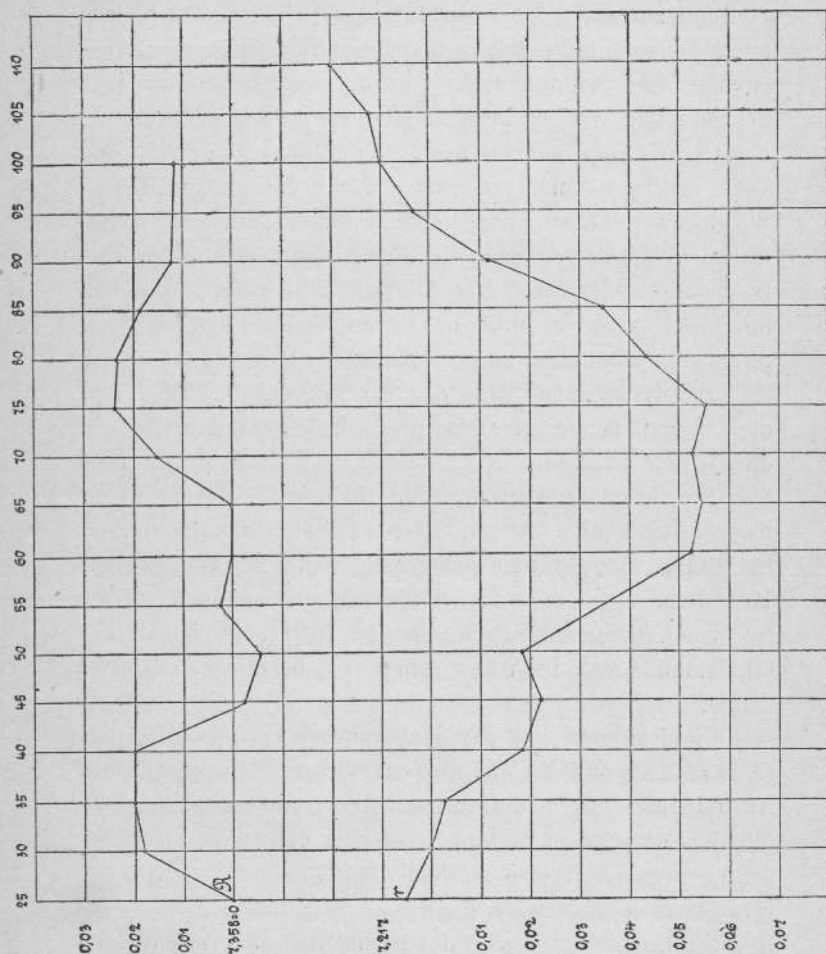


Fig. 31 (Durchschnittscurven von R und r).

noch 2 Fälle von 6, bei 105 Hg. mm nur noch einen von 4 Fällen.

Eine relative Verkürzung ist nicht beobachtet, d. h. in keinem Falle ist r erst länger nachher kürzer geworden,

während in einer grossen Zahl von Fällen, bei 90 und 95 Hg. mm 50 pCt., der erst verkürzte r sich wieder streckte.

Kommen wir wieder auf unsere grob anatomische Vorstellung zurück, bei der wir für jede Dehnung von r, jede absolute sowohl als jede relative ein Nachgeben, ein Auseinanderweichen der Scleralfasern annehmen, für jede Schrumpfung von r dagegen eine stärkere Hervorwölbung der Cornea in dem betreffenden Meridian, so ergibt sich dass bei beginnender Drucksteigerung die ganze Bulbus-hülle, sowohl Cornea als Sclera, in diesen den r correspondirenden Meridianen mehr Resistenz besitzt als in den vertical daraufstehenden. Der Analogieschluss liegt nahe, den normalen Astigmatismus des menschlichen Auges durch ähnliche Verhältnisse zu erklären.

Bei 40 Hg. mm giebt die Sclera zweimal nach, 4 mal die Cornea, bei 50 Hg. mm giebt die Sclera 4 mal nach, 4 mal die Cornea.

Die Sclera resistirt ungefähr in gleichen Verhältnissen bis zu 80 Hg. mm, nun wird aber ihr Widerstand gebrochen, bei 80 Hg. mm dehnt sie sich 8 mal, bei 90 Hg. mm in allen 10 Fällen.

Die Cornea wurde gewölbter bei 55 Hg. mm 5 mal, bei 60 Hg. mm 6 mal, bei 70 Hg. mm 5 mal, bei 80 Hg. mm noch 2 mal.

Die Hornhaut hat gar nicht nachgegeben in 3 Fällen (XXIV, XXI und XXV) resp. in diesen Fällen war eine Ausbuchtung mit dem Ophthalmometer nicht nachweisbar; möglich wäre es immerhin, dass eine eventuelle Dehnung der Cornea durch eine stärkere Dehnung der Sclera übercompensirt worden wäre.

Die Lederhaut, welche durchschnittlich längeren Widerstand leistet, gibt aber ausnahmslos in allen Fällen nach, sobald ein Druck von 90 Hg. mm erreicht ist. Der Cardinalunterschied des dem r zugehörigen Scleralgewebes gegenüber dem zum R gehörigen liegt darin, dass wir keine Fälle

haben, wo dasselbe bei 30—40 Hg. mm sich dehnt, nun festhält, um die Cornea sich wölben zu lassen und später wieder nachzugeben. *r* beschreibt eben nicht eine Curve wie *R*, sondern eine einfache aufsteigende Linie.

Es giebt kein Kaninchenauge, welches einen Druck von mehr als 50 Hg. mm aushält, ohne dass sich seine Hülle, Sclera oder Cornea dehnt.

Der vordere Abschnitt der Bulbushülle scheint durchschnittlich in der Gegend ihres stärkstgekrümmten Meridianes in der Verticalen etwas stärker gebaut zu sein, als in der Horizontalen, ein Satz, welcher der anatomischen Prüfung werth sein dürfte.

Die Durchschnittscurven für *R* und *r* (Fig. 31) geben trotz der gegen dieselben erhobenen Einwände eine nicht unwahrscheinliche Darstellung der in Frage stehenden Prozesse. Allerdings ist das Quantitative der Hebungen und Senkungen so minim, dass die Ordinate der Deutlichkeit halber nicht nach 0,041 mm, sondern nur nach 0,01 mm eingetheilt werden konnte.

R erleidet erst eine Verlängerung mit Maximum bei 35—40 Hg. mm, bei 45—50 Hg. mm Verkürzung bis unter Ausgangsgrösse. Nun folgt eine zweite Periode der Dehnung, die bei 75 Hg. mm culminirt, um später wieder etwas zurückzugehen. Die Curve nähert sich am meisten derjenigen von *R* im Fall XXXVI (Fig. 28). Also erst Dehnung der Sclera, darauf Wölbung der Cornea und endlich abermalige Dehnung der Sclera.

Die Curve von *r* sieht ebenfalls derjenigen von Fall XXXVI nicht unähnlich; erst verkürzt sich *r*, zunächst langsam, von 50—60 Hg. mm rascher, um von 65—75 Hg. mm ziemlich gleich zu bleiben, und von 75 Hg. mm an bis zum Schluss sich stetig zu verlängern, und zwar etwas über seine Anfangsgrösse hinaus. Erst gibt wesentlich die Cornea nach, von 75 Hg. mm an aber die Sclera.

4. Astigmatismus.

Tabelle 13.

No. der Versuche																Differenz von Anfang und Ende				
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		100	105	110	
XXIV	1,25	=	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3 = -0,75 D.
XXIII	1,0	=	=	+3	=	-1	-1	=	=	-1	-1	-1	-1	+1	=	=	=	=	=	-1 = -0,25 D.
XXI	1,25	+2	=	=	-4	=	=	=	=	=	=	=	=	=	-1	-2	=	=	=	-5 = -1,25 D.
XXII	0,0	=	=	+2	+1	=	+2	=	=	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0 = 0
XIV	0,25	=	=	=	=	=	+1	=	=	-2	=	=	=	=	-6	-1	-1	-1	-1	-1 = -0,25 D.
XXXVIII	1,75	-2	-2	-2	=	+1	+3	+3	-4	+1	-1	-1	-1	-1	-1	=	=	=	=	+4 = +1,0 D.
XIX	0,0	+2	+4	-1	-2	=	=	+3	=	-1	=	=	=	=	-3	=	=	=	=	+2 = 0,5 D.
XXV	1,0	=	=	-1	=	-3	+2	-1	=	=	+1	+1	-1	-1	=	=	=	=	=	-1 = -0,25 D.
XX	1,0	+5	+1	-4	-4	+1	-1	-1	=	=	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-2 = -0,5 D.
XXXVI	1,0	-1	+3	+2	+2	=	+1	+2	+4	+5	+2	+2	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	+8 = +2,0 D.

Von den 10 Versuchsaugen besaßen Astigmatismus:

- 2 = 0 D.
- 1 = 0,25 D.
- 4 = 1 D.
- 2 = 1,25 D.
- 1 = 1,75 D.

Von 10 Augen haben also nur 3 Augen einen Astigmatismus grösser als 1 D. Auf ein Auge kommen durchschnittlich 0,85 D.

Am Ende der Versuche besaßen von diesen 10 Augen Astigmatismus:

- 3 = 0
- 3 = 0,5 D.
- 2 = 0,75 D.
- 1 = 2,75 D.
- 1 = 3 D.

Die Zahl der astigmatismuslosen Augen ist von 2 auf 3 gewachsen, trotzdem Auge XIX, das Anfangs frei von Astigmatismus war, einen solchen von 0,5 D. acquirirt hatte. Auge XIV mit ursprünglich 0,25 D. verlor seinen Astigmatismus vollständig. Unter den 10 Augen hatten vor der Drucksteigerung nur 3 einen Astigmatismus von weniger als 1 D., am Schluss der Versuche befanden sich 8 Augen unter dieser Bedingung. Nur zwei Fälle verhalten sich umgekehrt; in Auge XXXVIII war der Astigmatismus im Verlaufe des Versuches gestiegen von 1,75 D. auf 2,75 D. und in Auge XXXVI von 1 D. auf 3 D. Bei genauerer Betrachtung dieser beiden Augen fällt das sehr analoge Verhalten ihrer r auf; beide wachsen bis 75 Hg. mm, XXXVIII nach einer kleinen primären Verkürzung, XXXVI ohne eine solche; nach 75 Hg. mm aber nehmen beide consequent ab, bei XXXVI bis zu 110 Hg. mm, bei XXXVIII bis zum Schluss des Versuchs, der leider nicht einmal bis zu 100 Hg. mm ausgedehnt wurde. Es ist höchst wahr-

scheinlich, dass bei Fortsetzung dieser beiden Versuche r successive weiter abgenommen haben würde, und die Ausnahmstellung derselben nicht zu Stande gekommen wäre.

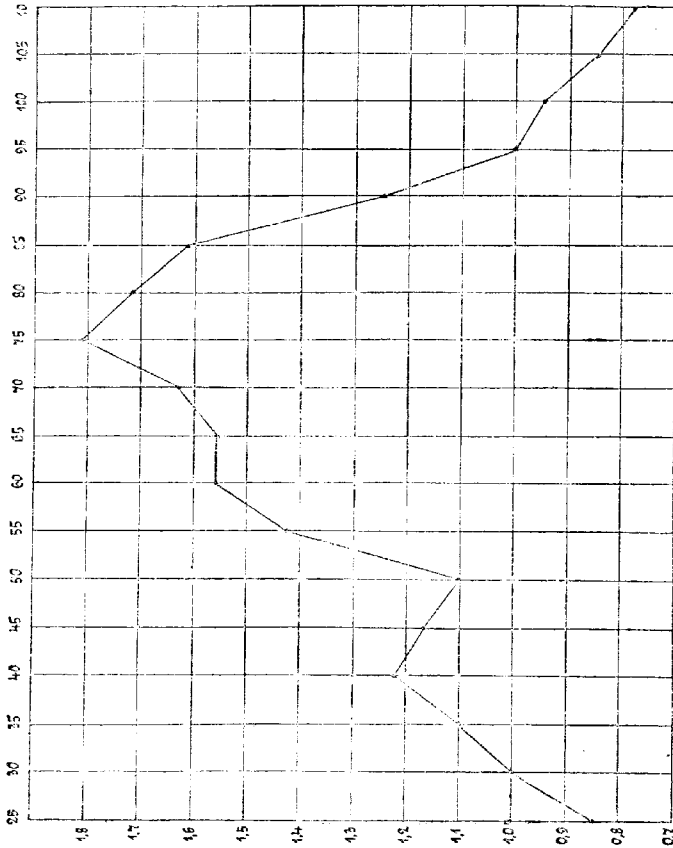


Fig. 32 (Durchschnittscurve von A).

In keinem der 10 Augen ist aber der Astigmatismus bei zunehmender Spannung einfach immer kleiner geworden; in allen kam vorübergehend eine Zunahme vor, und zwar vorwiegend bei den niedern Spannungsgraden. Bei weiterer Steigerung des Druckes aber ist das Zurückgehen des Astig-

matismus, das Bestreben der Hornhaut, ihre Wölbung auszugleichen, unverkennbar. Hier muss die Durchschnittscurve (Fig. 32) als typisch bezeichnet werden; sie steigt, von 0,85 D. ausgehend, mit Ausnahme einer kleinen negativen Schwankung zwischen 40 und 50 Hg. mm, bis auf 1,8 D. bei 75 Hg. mm, um von da rapid und consequent abzufallen und zwar bis unter den Ausgangspunkt bis unter 0,8 D.

Die consequenteste und prägnanteste unter den Erscheinungen des Astigmatismus ist die Tendenz aus der normalen Form herauszutreten und in die perverse oder paradoxe Form überzugehen. Ueber die Eigenthümlichkeiten dieser Tendenz gibt der nächste Abschnitt Aufschluss.

Bei Betrachtung der grossen Axe und ihrer Verschiebung in Folge der Spannungszunahme innerhalb der bei unseren Versuchen zur Anwendung gekommenen Spannungsgrössen (Tabelle 14) ist zunächst hervorzuheben, dass die Fälle XXIV, XXII und XXV jeweilen das rechte Auge des Versuchstieres betreffen, die übrigen Fälle sämmtlich das linke Auge.

In 9 Fällen wich die grosse Axe von der Horizontalen ab, in einem Falle um 45° , in 8 Fällen um weniger als 45° . In keinem Versuchsauge existirte also von Haus aus ein abnormer Astigmatismus. Die durchschnittliche Ablenkung der grossen Axe von der Verticalen betrug $66,6^{\circ}$ von der Horizontalen $23,3^{\circ}$.

Bei Berücksichtigung des Vorzeichens der Winkel er giebt sich, dass in den 4 Fällen XXVI, XXII, XXXVIII und XXV die grosse Axe von oben und aussen nach innen und unten, in den übrigen 6 Fällen dagegen von oben und innen nach unten und aussen gerichtet war. Da nun alle Fälle mit Ausnahme von XXV, der die oben genauer geschilderte Sonderstellung einnimmt, ein durchaus regelmässiges, von keinem vorübergehenden Zurückweichen unterbrochenes Fortschreiten der grossen Axe von der Horizon-

talen zur Verticalen aufweisen, so geschieht diese Drehung in der grösseren Gruppe in der Richtung des Uhrzeigers, den innern obern und den äusseren untern Quadranten durchwandernd, bei der kleineren Gruppe in entgegengesetzter Richtung im äussern obern und im untern innern Quadranten sich bewegend. Durchschnittlich für die 9 Versuche hat sich die grosse Axe bei 95 Hg. mm der Verticalen um $35,2^\circ$ genähert; sie ist von $66,6^\circ$ auf $31,4^\circ$ derselben nahe gekommen.

Theoretisch wäre jedes stigmatische und jedes normal astigmatische Auge bei 95 Hg. mm ein pervers astigmatisches geworden; in Wirklichkeit haben 2 von den 9 Augen den normalen Astigmatismus behalten; bei Auge XIX hat sich die grosse Axe nur um 15° verschoben, von -90° zu -75° und in Auge XX um 20° , von -75° zu -55° .

Ihre Anfangsstellungen haben die grossen Axen unverändert beibehalten bei 30 und 35 Hg. mm in 7 Fällen, bei 40 Hg. mm in 4 Fällen, bei 45 Hg. mm noch in 2 Fällen. Bei 50 Hg. mm haben sich die grossen Axen sämmtlich gegen die Verticale verschoben.

Unter den 7 Fällen, bei denen die Axen durch 35 Hg. mm noch nicht alterirt wurden, haben bei diesem Drucke vier weder R noch r verändert, in dreien war R grösser geworden, durchschnittlich um 2 Q, in zweien war r kleiner geworden um 1,5 Q, im dritten Falle war r gleich geblieben. Unter den 4 Fällen mit stabiler Axe bei 40 Hg. mm finden sich noch 2 mit unverändertem R und r.

Es geht daraus hervor, dass die Veränderung der Wölbung der Hornhaut mit einer Verschiebung des Hauptmeridians sich zu verbinden strebt und dass, wenn überhaupt eine Dehnung in der Richtung des ursprünglichen grossen Meridians eintritt, diese sich immer nur in sehr engen Grenzen bewegt, und immer im Anfange der Versuche bei relativ niedrigem Drucke zu Stande kommt, um später bei höhern Druckwerthen nie wieder aufzutreten.

Es hat den Anschein, als ob in dieser Richtung des ursprünglichen grossen Meridianes die Sclera relativ am wenigsten resistent sei und dem physiologischen Drucke oder einem nur wenig höhern nachgegeben habe, dass aber die Dehnbarkeit sofort an ihren Grenzen angelangt sei und dass nun bei weiterer Zunahme der Spannung jeweilen die nächst angrenzenden Scleraltheile der Dehnung anheimfielen. Die primäre Stellung der grossen Axe zeigt schon an, in welcher Richtung sie weiter schreiten, sich drehen wird. Die Verticale kommt in der Regel zuletzt an die Reihe für die Dehnung; in unsern 9 Fällen wird sie nie ganz erreicht; in 2 Fällen kommt die grosse Axe auf 10° nah, in einem Falle auf 2° . Zu vergessen aber ist nicht, dass die von mir angewendeten Druckgrössen noch recht mässige waren und wahrscheinlich nicht an die obere Grenze der glaucomatösen Druckwerthe reichen, dass bei Fortsetzung der Versuche die grosse Axe sich der Verticalen voraussichtlich noch mehr genähert hätte.

Das Sonderverhalten, das Fall XXV einnimmt und das oben genau geschildert worden ist, besteht im Wesentlichen darin, dass die grosse Axe über die Verticale hinwegsetzt, und nicht nur einmal, sondern zweimal, das erste Mal in grossem Sprung, das zweite Mal in kleinerem Schritt, dass dieselben nicht in 1 resp. 2 Quadranten herum sich bewegt, sondern in 2 resp. allen 4 Quadranten sich herumtummelt.

Bei physiologischem Drucke befand sich die Axe bei -75° , sie verlief, da das Auge ein rechtes war, von oben aussen nach unten innen. Von -75° wandert sie erst allmählich zu -45° , springt von hier um 90° nach $+45^\circ$, um nun sich allmählich nach rückwärts zu bewegen gegen die Verticale und über dieselbe hinaus zu -35° . Trotz dieses Herumwanderns ist am Ende des Versuchs die grosse Axe doch um 40° der Verticalen näher als am An-

fang, ist nicht etwa auf den ersten Stand zurückgekehrt oder mehr an die Horizontale herangerückt.

Während bei den übrigen Versuchen die Cornea und ihr Limbus in der obern Hemisphäre in dem einen oder andern Quadranten auf eine Strecke von durchschnittlich 34° , im Minimum von 15° , im Maximum von 58° nachgegeben hat, so bestreicht das Feld der Dehnung hier einen Bogen von 120° . Die Sclera ist mit Rücksicht auf ihre Festigkeit hier etwas anders gebaut als in den 9 andern Fällen, von denen übrigens kein einziger mit einem zweiten sich identisch verhält. Jedes Auge ist ein Individuum und keine blosse Nummer. Der horizontale Meridian hat also auch in diesem Ausnahmefalle bei höherem Drucke nicht nachgegeben.

Das Verhalten der grossen Axe in unsern Versuchen stimmt auffallend mit dem, was wir bei Glaucom beobachten und worauf Martin ein besonderes Gewicht legt. Martin hat es zuerst klar und deutlich ausgesprochen, dass glaucomatöse Drucksteigerung perversen Astigmatismus macht, dass dieser perverse Astigmatismus nach Heilung des Glaucoms wieder zurückgehen kann. Zum Belege dieser letzten Behauptung führt Martin speciell 4 Beobachtungen an, denen wir eine fünfte aus jüngster Zeit beizufügen im Stande sind.

G. W., 46 Jahre alt, leidet rechts an typischem Glaucoma simplex mit bedeutender Vermehrung des intraocularen Druckes, links an Iritis chronica. Am 16. Januar vor der Operation zeigte die rechte Cornea einen objectiven perversen Astigmatismus von 4 D., Axe vertical, die linke Cornea einen normalen Astigmatismus von 0,5 D. Am 17. Januar beiderseits mittelbreite Iridectomie nach oben. Am 30. Januar zeigt die rechte Cornea noch 3,25 D. perversen, die linke Cornea jetzt 1,5 D. perversen Astigmatismus. Auf dem linken Auge hat sich in Folge der Vernarbung der Lanzenswunde die Corneawölbung derart verändert, dass, ideale Krümmung früher vorausgesetzt, ein perverser Astigmatismus von 2 D. zu Stande ge-

kommen wäre. Einen gleichen Narbeneffect, auf das rechte Auge übertragen, müssten wir, ohne Intervention anderer Factoren, hier einen perversen Astigmatismus von 6 D. erwarten; unter diesem Voranschlag blieb der reelle umgekehrte Astigmatismus um 2,75 D. zurück. Dieses Deficit können wir nur auf die entspannende Wirkung der Iridectomie setzen. Die Sclera hat ihre Elasticität in Folge der Druckerhöhung nur theilweise eingebüsst; sie kann sich möglicherweise noch mehr erholen, falls der pathologische Druck nicht allzulange gedauert hatte, ein Moment, über das unser Patient ungenügende Auskunft zu geben vermochte.

Wenn wir die Festigkeit der Lederhaut des Kaninchens gleich der des Menschen setzen — voraussichtlich ist sie im ausgewachsenen Zustande unter der des menschlichen Auges — so müssen wir annehmen, dass der intraoculare Druck bei Glaucom nicht selten 100 und 110 Hg. mm übersteigt, oder aber dass bei längerer Dauer desselben die Sclera nach und nach ein und demselben Druck mehr nachgiebt, so würde es sich erklären, dass bei Glaucom die grosse Axe nicht selten bis in die Verticale vorrückt.

Resumiren wir zum Schluss die Hauptergebnisse unserer Untersuchungen:

1. Das Kaninchen-Auge besitzt einen physiologischen Druck von circa 24—25 Hg. mm. Eine relativ geringe Steigerung dieses physiologischen Druckes bedingt eine Formveränderung der Hornhaut; häufig genügen hierzu schon 5—10 Hg. mm. Eine Steigerung des normalen Druckes um 25 Hg. mm hält kein solches Auge ohne Gestaltsveränderung aus.
2. Es bestätigt sich im Allgemeinen der Satz von Helmholtz, „dass die Hornhautkrümmung, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, von dem Drucke der Flüssigkeit im Auge abhängt, so dass der Krümmungsradius der Hornhaut desto grösser wird, je grösser der Druck ist.

R ist am Ende der Versuche durchschnittlich um 0,028 mm grösser als am Anfange, r um 0,046 mm.

3. Bei zunehmendem intraocularen Drucke nimmt der bestehende Astigmatismus nach vorübergehender Zunahme bei relativ niedrigen Druckgraden, successive ab — wenigstens innerhalb der von uns experimentirten Druckgrössen.
4. Der normale Astigmatismus kehrt sich bei Spannungszunahme der Bulbuskapsel um und wird paradox, indem die grosse Axe von der Horizontalen weg und der Verticalen zustrebt.

Dieses Verhalten erklärt zunächst die Beobachtungen von perversem Astigmatismus beim Glaucom des menschlichen Auges, das zuweilen Druckverhältnisse zu besitzen scheint, welche über die von uns experimentirten hinausgehen.

Ferner werden diese Verhältnisse herbeigezogen werden müssen zur Erklärung des in der Berner Klinik vor der Veröffentlichung von Schoen bereits gefundenen perversen Astigmatismus des Greisenalters.

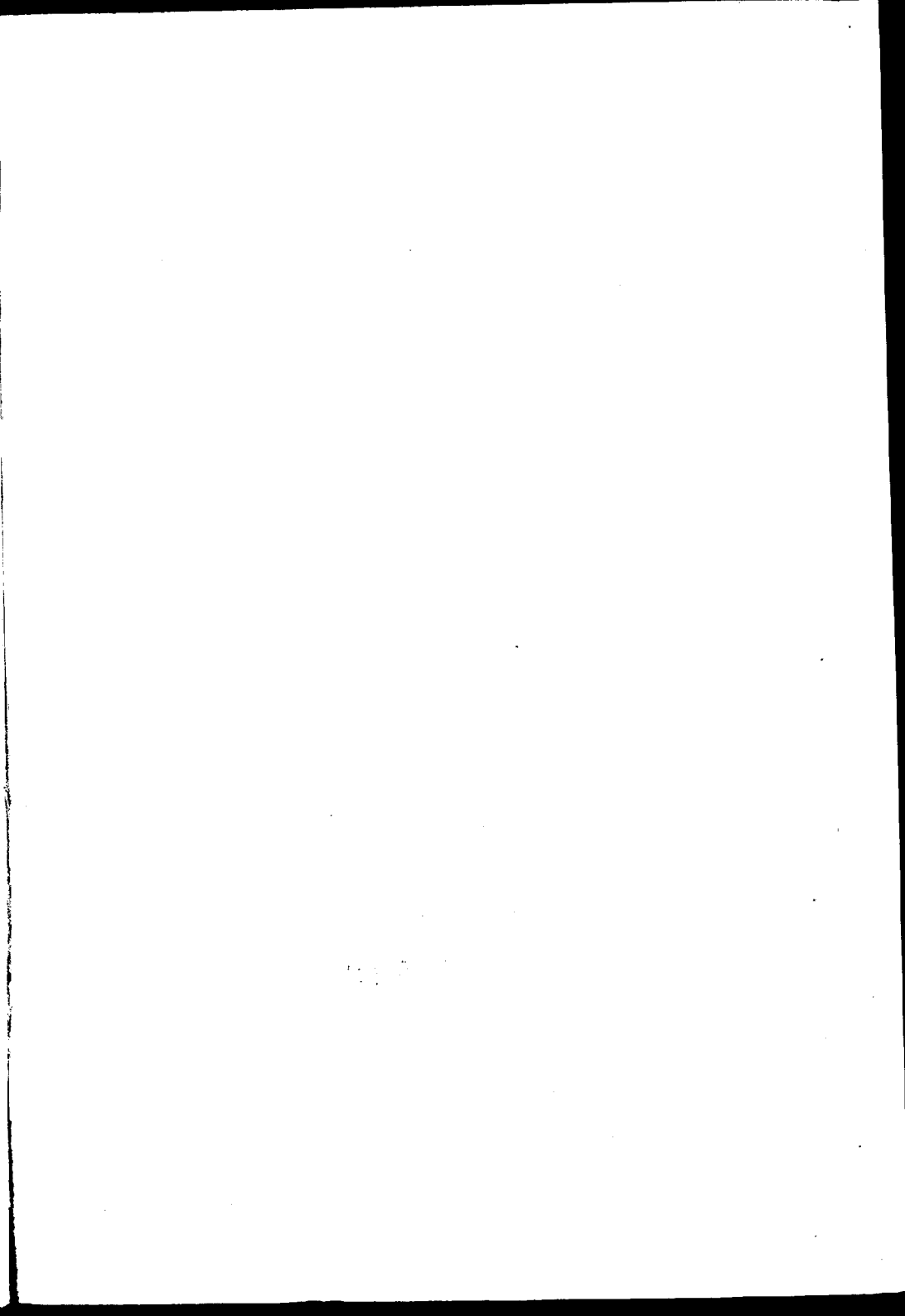
5. Unter 10 resp. 46 Kaninchen-Augen reagirt die Hornhautkrümmung nicht 2 mal identisch auf die allmähliche Steigerung des intraocularen Druckes, auch nicht bei ein und demselben Individuum. Das anatomische und physicalische Verhalten der Bulbuskapsel ist auch in der Norm auf sehr breiter Basis aufgebaut und zwar sowohl mit Rücksicht auf verschiedene Augen als auf verschiedene Abschnitte ein und desselben Auges.

Die von Schelske gefundenen anatomischen Eigenthümlichkeiten der Scleralfasern am Limbus und in der Gegend des Ciliarmuskels sind ge-

eignet, das Verhalten von R in einer Reihe von Versuchen zu erklären.

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Pflüger, dessen Assistent ich zu sein die Ehre habe, für die mir zu dieser Arbeit gegebene Anregung und für das so reichlich geschenkte Interesse an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

10213



Berlin, Druck von W. Buxenstein.

13704