

(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität in Prag).

## Über die Druckschwankungen im Säugerauge nach teilweiser Entleerung der Vorderkammer bei langdauernder manometrischer Messung.

Von

Prof. Dr. R. H. Kahn und Priv.-Doz. Dr. Arnold Loewenstein.

Mit 12 Textabbildungen.

Den Anstoß zu den Untersuchungen, deren Resultate im folgenden mitgeteilt werden sollen, bildet die von *E. Seidel*<sup>1)</sup> gefundene und von *S. Hagen*<sup>2)</sup> bestätigte Tatsache, daß die tonometrische Messung des Druckes im Säugerauge nach teilweiser Entleerung desselben eine vorübergehende, den normalen Druckwert übertreffende Drucksteigerung ergibt. Denn mit Rücksicht auf den Umstand, daß in keiner der so zahlreichen Arbeiten über manometrische Augendruckmessung der erwähnten auffallenden Erscheinung gedacht ist, schien es gewiß geboten, die Druckverhältnisse in der Vorderkammer mit dem Manometer gerade in dieser Hinsicht erneut zu prüfen. Allerdings hat *Wessely*<sup>3)</sup> schon seinerzeit, aber nur ganz nebenbei bemerkt, daß nach Punktion der Vorderkammer eine übernormale Spannung „die Regel sei“. Aber seine Darlegungen über das manometrisch gemessene Verhalten des Kammerdruckes am unbeeinflussten Auge (welche wohl zweifellos die besten sind, welche die Literatur des Gegenstandes aufweist), enthalten von der in Rede stehenden Erscheinung kein Wort, trotzdem unter *Wesselys* zahlreichen Versuchen sicherlich auch solche vorgekommen sind, bei welchen gelegentlich des Einstiches in die Vorderkammer etwas Kammerwasser verloren ging. Wir haben also die Druckverhältnisse in der Vorderkammer bei beabsichtigtem und unbeabsichtigtem

---

<sup>1)</sup> *E. Seidel*, Experimentelle Untersuchungen über die Quelle und den Verlauf der intraokularen Saftströmung. Arch. f. O. G. 1918, Nr. 95, S. 1.

<sup>2)</sup> *S. Hagen*, Experimentelle Untersuchungen über die Absonderung der intraokularen Flüssigkeit im menschlichen Auge. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1920, 65, S. 643.

<sup>3)</sup> *K. Wessely*, Experimentelle Untersuchungen über den Augendruck sowie über die qualitative und quantitative Beeinflussung des intraokularen Flüssigkeitswechsels. Arch. f. Augenheilk. 1908, S. 1.

Wasserverlust manometrisch durch längere Zeit verfolgt und dabei eine Reihe typischer Änderungen des Kammerdruckes beobachtet, welche eine Mitteilung unserer Versuchsergebnisse rechtfertigt.

Unsere Versuche am sonst unbeeinflussten Auge erstrecken sich auf 13 Kaninchen, 4 Hunde und 3 Katzen. Im ganzen wurden 23 gelungene Druckversuche mit in die Vorderkammer eingelegter *Leberscher* Kanüle angestellt.

Es war von vornherein klar, daß sich die Druckmessungen über längere Zeiträume erstrecken mußten. Daher wurden die Resultate der Druckmessungen in Kurvenform auf einer ganz langsam rotierenden Trommel aufgezeichnet, welche durch die Achse des Stundenzeigers eines kräftigen Uhrwerks bewegt wurde. Das berußte Papier bewegte sich hier mit einer Geschwindigkeit von ca. 38 mm in der Stunde und da die Trommel eine Umdrehung in 12 Stunden vollendete, war es möglich, gelegentlich die ganze Versuchsanordnung bis zu 24 Stunden in Gang zu halten. Diese langen Versuchszeiten setzten eine genügende Sicherheit der Spitzenführung des Schreibhebels voraus, welcher ja nicht andauernd beobachtet werden konnte. Es wurde also das kleine elastische Gummimanometer von *Wessely*<sup>1)</sup> mit einem für Stirnschreibung eingerichteten Strohhebel versehen und dessen größeres Gewicht und Trägheit mit in Kauf genommen, da es sich in unseren Versuchen nicht um rasch verlaufende Druckänderungen handeln konnte, und die fortgeleiteten Pulsdruckschwankungen hier keine Rolle spielten. Das elastische Manometer<sup>2)</sup> teilt mit allen anderen Gummimanometern den Übelstand der großen Hinfälligkeit seiner Membran, deren Lebensdauer meistens nur wenige Tage beträgt und nicht nur von der Beanspruchung, sondern auch von den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen in hohem Grade abhängig ist. Das verwendete Röhrchen hatte einen Durchmesser von 3,5 mm, die Membran bestand aus feinem Präservativgummi. Jedoch gelang es in keinem Falle eine so vollkommene Proportionalität der Ausschläge zu erzielen, wie sie in den Eichkurven von *Wessely* zu sehen sind. Das mag vor allem an dem heute noch recht minderwertigen Gummimaterial liegen.

Das elastische Manometer wurde nun durch genügend dickwandige, möglichst kurze Schläuche und zwei Glashähne einerseits mit dem kleinen regulierbaren Hg-Manometer verbunden, welches der eine von uns<sup>3)</sup> seinerzeit zur Registrierung des Augendruckes verwendet hatte, andererseits mit einer *Leberschen* Durchstichkanüle, welche aus einer Rekordspritzennadel durch Zülöten der Spitzenöffnung und seitliches Einschleifen eines Loches hergestellt worden war. Diese Nadeln lassen sich leicht nachpolieren, so daß man über Durchstichnadeln beliebiger Länge und Dicke verfügen kann. Die ganze einfache Versuchsanordnung ist in Abb. 1 schematisch dargestellt.

Man ersieht daraus, daß ein Dreiweghahn (*h*) es gestattet, das elastische Manometer (*m*) zur Eichung mit dem Hg-Manometer (*m*<sub>1</sub>) oder zur Druckregistrierung mit der Durchstichnadel zu verbinden, daß ein eigener Glashahn (*h*<sub>1</sub>) noch einen separaten Abschluß gegen das Hg-Manometer bewirkt. Die Eichung des Gummimanometers erfolgte bei entsprechender Hahnstellung mit der seitenständig angebrachten Spritze (*s*). Mit dieser wurde auch vor der Verbindung mit der Vorder-

<sup>1)</sup> A. a. O.

<sup>2)</sup> Seinerzeit von der bei *Wessely* genannten Werkstatt bezogen, läßt an Präzision der mechanischen Ausführung zu wünschen übrig.

<sup>3)</sup> *R. H. Kahn*, Über die Beeinflussung des Augendruckes durch Extrakte chromaffinen Gewebes (Adrenalin). *Zentralbl. f. Physiol.* **20**. 33, 906,

kammer der entsprechende Überdruck hergestellt. Das ganze System war mit steriler *Ringerscher* Lösung gefüllt, die Hähne sorgfältig mit *Geppertscher* Mischung geschmiert. Dabei zeigte es sich, daß einige Glashähne verworfen werden mußten, weil sie trotz sorgfältiger Behandlung doch spurenweise Flüssigkeit durchtreten ließen. Zum Teil wegen dieser nur schwer zu konstatierenden Fehlerquelle wurde, da es sich um langdauernde Versuche handelte, der Hahn  $h_1$  angewendet. Vor jedem Versuche wurde eine Eichung der Gummimembran durchgeführt, der Überdruck hergestellt, die Nadel sorgfältig gefüllt, der Bulbus luxiert. Nach dem Einstiche wurde die Luxation sogleich wieder aufgehoben und die Verbindung der Vorderkammer mit dem Registrierinstrument hergestellt. Auf die hydrostatischen Verhältnisse des Systems wurde gebührend Rücksicht genommen und alles so gelagert, daß auch eine vorübergehende Unruhe des gefesselten Tieres ohne

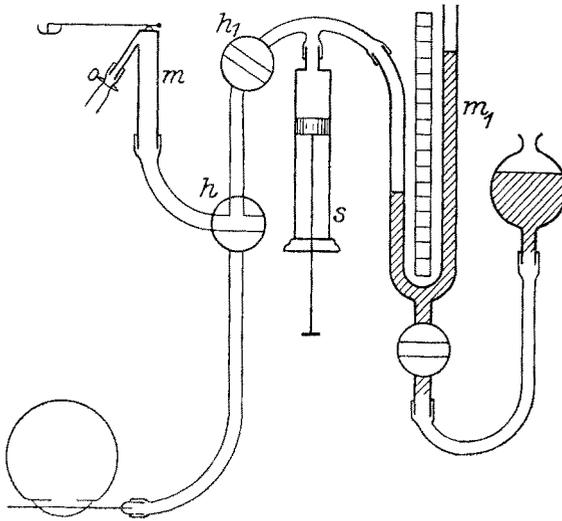


Abb. 1.

Einfluß auf die ganze Anordnung blieb. Die Bestimmung der Zeit auf der sich mit sehr geringer Geschwindigkeit drehenden Trommel geschah durch eine *Baltzarsche* Uhr in Zwischenräumen von 10 Minuten.

Das Ziel unserer Versuche bestand darin, zu untersuchen, wie sich in den einer teilweisen Entleerung der Vorderkammer folgenden Stunden die Kammerdruckverhältnisse gestalten. Es handelte sich also um langdauernde Versuche, bei fortlaufender Registrierung mit dem elastischen Manometer.

Daher verzichteten wir auf mancherlei, was mit diesem Ziele nicht unmittelbar zusammenhing. Es wurde, wie schon erwähnt, unter Anwendung der Stirnschreibung auf die getreue Wiedergabe der Pulsdruckwellen verzichtet; weder Narkose noch Curare wurde angewendet und dem Verhalten des Blutdruckes keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Letzteres wäre über so lange Zeiträume kaum durchführbar gewesen. Die Versuchstiere wurden vielmehr mit möglichst natürlicher Kopfstellung gefesselt, die Versuche in Gang gesetzt und nun wurden im warmen, stillen Zimmer die zugedeckten Tiere sich selbst überlassen. Nur gelegentlich wurde, möglichst ohne das Tier zu stören, die Versuchsanordnung

besichtigt, um sich von dem Fortgange des Versuches zu überzeugen. Die Annahme ist wohl berechtigt, daß hierbei keine wesentlichen, sich über längere Zeitabschnitte erstreckenden Änderungen des Blutdruckes und diesem folgend des Augendruckes aufgetreten sind. Die Regelmäßigkeit der später zu besprechenden typischen Erscheinungen spricht durchaus gegen eine hämodynamogene Komponente ihres Zustandekommens.

Die teilweise Entleerung der Vorderkammer erfolgte in unseren Versuchen in zweierlei Weise. Entweder es wurde gleich beim Einstiche mit der Durchstichkanüle dafür gesorgt, daß etwas Kammerwasser abfloß (das ereignet sich übrigens bekanntlich nicht selten auch gegen den Wunsch des Experimentators), oder es wurde nach der Methode *Seidls* nach Verbindung der Vorderkammer mit dem Registrieranometer, aber bei geschlossenem Dreiweghahne mit feiner Rekordspritzenkanüle eingestochen und nach Ablauf einer entsprechenden Menge von Kammerwasser die Hornhaut gegenpunktirt. Diese Nadel blieb während der weiteren Versuchsdauer liegen. Zweifelsohne stellt die letztere Methode eine Erschwerung des Versuches dar, da das Gewicht der durchgeführten Rekordnadel als Reizvergrößerung für das Versuchsauge in Betracht kommt.

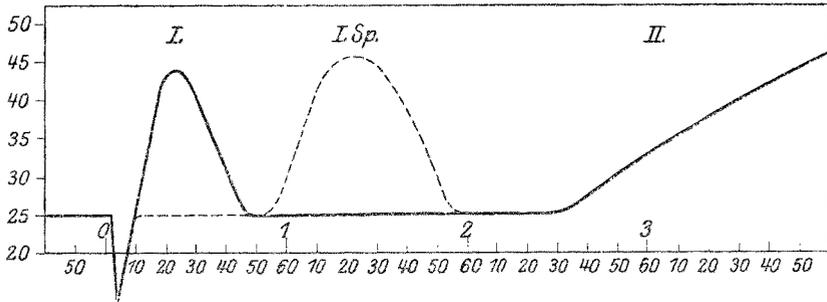


Abb. 2. Abszisse: Jeder Teilstrich = 10 Min., Ordinate: Jeder Teilstrich = 5 mm Hg.

Wir bringen zunächst in Abb. 2 die Typen der im Verlaufe unserer Versuche aufgetretenen Druckänderungen in der Vorderkammer in einer schematischen Übersicht.

Im Gefolge der teilweisen Entleerung der Vorderkammer beginnt die schematische Kurve mit einer je nach dem Umfange des Kammerwasserverlustes mehr oder weniger ausgesprochenen Drucksenkung (*s.*). Dieser folgen Drucksteigerungen, welche sich vor allem durch die zeitlichen Verhältnisse ihres Ablaufes in typischer Weise voneinander unterscheiden. In einer Reihe von Fällen steigt der Kammerdruck während und nach der einsetzenden Auffüllung der Vorderkammer in unmittelbarem Anschlusse an den Einstich sehr rasch zu weit übernormaler Höhe, um nach relativ kurzer Zeit bis etwa zu normaler oder auch etwas subnormaler Höhe wieder abzusinken. Das ist typisch die oben erwähnte von *Seidel* beschriebene, mit dem Tonometer gefundene Druckerhöhung. Wir nennen diese Erscheinung die primäre Druckschwankung (I). In anderen Fällen aber füllt sich die Vorderkammer wieder, ohne daß es im unmittelbaren Anschlusse zu einer Hypertonie käme. Vielmehr er-

scheint erst nach Ablauf einer längeren Zeitpause ein charakteristisches Phänomen, welches ebenfalls in einer hohen vorübergehenden aber der ersterwähnten gegenüber sehr verspätet auftretenden Drucksteigerung besteht. Diese nennen wir den primären Spätanstieg des Augendruckes (I. Sp.). Auch dieser weicht endlich etwa normalem Kammerdruckwerte. Schließlich aber bildet sich allmählich zu viel späterer Zeit erneut ein typischer Druckanstieg aus, welcher, langsam wachsend, sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, oft überaus hohe Werte erreicht und schließlich langsam wie er sich entwickelt hat, wieder abnimmt. Er sei als sekundärer Druckanstieg (II) bezeichnet. Zwischen diesen Erscheinungen haben wir insofern gleichsam Übergänge beobachtet, als gelegentlich der primäre Druck- bzw. der primäre Spätanstieg sehr protrahiert ablief bzw. in den sekundären Druckanstieg unvermittelt überging.

Wir gehen nunmehr daran, unsere Versuchsergebnisse genauer zu besprechen. Vorher ist aber noch eines interessanten Punktes zu gedenken, welcher in technischer Hinsicht eine Rolle spielte. Nicht alle unsere Versuche konnten bis zu dem gewünschten Ende durchgeführt werden, weil sich die Kanüle öfters früher oder später verstopfte. Bekanntlich ist das nach Entleerung der Vorderkammer sich neu bildende Kammerwasser reich an allen zur Gerinnung nötigen Stoffen und so war von vorneherein zu erwarten, daß unser ganzer Versuchsplan an der Gerinnung der Flüssigkeit in der Stichkanüle scheitern werde. Deshalb wurde zunächst versucht, das neu gebildete Kammerwasser ungerinnbar zu machen. Wenn auch die darauf gerichteten Bemühungen nicht zu befriedigendem Resultate geführt haben, so ist doch der Verlauf derselben interessant genug, um kurz geschildert zu werden.

Beim Hunde versuchten wir unser Ziel durch Defibrinieren des ganzen Tieres zu erreichen.

Hund, 5 kg, 5—6 Monate alt, ♂.

0,04 Morphin. hydrochl. und 0,004 Atropin. sulf. subcutan. 10<sup>h</sup> 30' Entnahme von 150 ccm Blut aus der rechten Carotis, Defibrinierung, Injektion in die linke Ven. jugul. ext., Fibrin haselnußgroß.

10<sup>h</sup> 45': 200 ccm Blut, Fibrin haselnußgroß.

11<sup>h</sup> 15': 200 „ „ „ etwas mehr.

11<sup>h</sup> 37': 200 „ „ „ kirschgroß,

12<sup>h</sup> 02': 200 „ „ „ haselnußgroß.

12<sup>h</sup> 28': 200 „ „ „ erbsengroß.

12<sup>h</sup> 55': 200 „ „ „ linsengroß.

13<sup>h</sup> 10': Punktion der rechten Vorderkammer, Skalenwert des Kammerwassers in *Pulfrichs* Eintauchrefraktometer refr. = 20,5<sup>1)</sup>.

13<sup>h</sup> 23': 150 ccm Blut, Fibrin reiskorngroß.

13<sup>h</sup> 30': rechte Pupille eng, tiefschwarz.

<sup>1)</sup> A. Loewenstein und J. Kubik, Refraktometrische Untersuchungen des Kammerwassers. Arch. f. O. Gr. **89**, 197. 1915.

13<sup>h</sup> 40': Punction der linken Vorderkammer. Refr. = 20,5.

13<sup>h</sup> 46': Neuerliche Punction der rechten Vorderkammer, Bulbus weich, Kammerwasser leicht blutig gefärbt, obwohl keine Irisverletzung stattgefunden hat. Refr. = 32,4.

13<sup>h</sup> 56': Neuerliche Punction der linken Vorderkammer. Bulbus weich, Pupille tiefschwarz. Reichlich Kammerwasser, leicht blutig gefärbt, keine Irisverletzung. Refr. = 31,8.

19<sup>h</sup>: *Beide Kammerwässer der zweiten Punction ungeronnen.* Etwas Blut sedimentiert.

Es ist also zu ersehen, daß es beim Hunde gelingt, durch Defibrinierung des ganzen Tieres das neu abgesonderte Kammerwasser ungerinnbar zu machen. Aber die eintretende Weichheit des Bulbus und die leicht blutige Färbung des Inhaltes der Vorderkammer, Erscheinungen, welche noch gesondert zu untersuchen sein werden, deuten daraufhin, daß im Auge Veränderungen eingetreten sein müssen, welche es nicht ratsam erscheinen lassen, die Defibrinierung als vorbereitenden Akt unseren Versuchen vorzuschicken.

Am Kaninchen wurden 3 Versuche mit *Hirudin* angestellt, da dieses Tier die Defibrinierung kaum verträgt.

#### I.

16. II. 1921. Kaninchen, 1 kg schwer.

11<sup>h</sup> 30': 50 mg Hirudin in 5 ccm *Ringerscher* Lösung intravenös.

11<sup>h</sup> 41': Blut ungerinnbar.

11<sup>h</sup> 51': Punction der linken Kammer. Kammerwasser Spur gelblich. Refr. = 20,8.

12<sup>h</sup> 04': Pupille links tiefschwarz.

12<sup>h</sup> 05': Punction der rechten Kammer. Refr. = 20,8.

12<sup>h</sup> 50': Auf dem schwarzen Pupillengrunde sind beiderseits Fibrinfäden zu sehen, links wenig, rechts stärker.

13<sup>h</sup> 05': Blut ungerinnbar.

13<sup>h</sup> 09': Neuerliche Punction der rechten Vorderkammer. Bulbus weich, wenig Kammerwasser, stark gelblich. Refr. = 38, Kammerwasser nach 5 Minuten *glatt geronnen.*

13<sup>h</sup> 19': II. Punction der linken Vorderkammer. Bulbus weich. Wenig Kammerwasser, gelblich. Refr. nicht untersucht. Nach 10 Minuten *glatt geronnen.*

#### II.

21. II. 1921. Kaninchen, 1 kg schwer.

10<sup>h</sup> 40': Luxation des linken Bulbus. Punction der Vorderkammer mit feiner Rekordspritzennadel. Sofortige Injektion von 0,04 ccm Hirudinlösung = 0,4 mg.

11<sup>h</sup> 40': Neuerliche Punction. Das Kammerwasser *gerinnt glatt* nach 10 Minuten.

#### III.

17. II. 1921. Kaninchen, 1 kg schwer.

11<sup>h</sup> 25': Punction der linken Vorderkammer. Sofortige Injektion von 0,03 ccm Hirudinlösung = 0,3 mg. Anschließend neuerliche Injektion von 0,3 mg Hirudin. Dabei eine Spur Irisblutung.

11<sup>h</sup> 39': 50 mg Hirudin in 5 ccm *Ringerscher* Lösung intravenös.

11<sup>h</sup> 50': Blut ungerinnbar.

11<sup>h</sup> 57': Punction der rechten Vorderkammer.

- 12<sup>h</sup> 05': Links im Pupillarbereiche ziemlich starkes Gerinnsel sichtbar.  
 12<sup>h</sup> 11': Neuerliche Punktion der linken Vorderkammer. Bulbus weich, wenig Kammerwasser, leicht gelblich.  
 12<sup>h</sup> 21': Spur Fibrin in der rechten Pupille.  
 12<sup>h</sup> 35': Das II. Kammerwasser von links ist ungeronnen.  
 12<sup>h</sup> 37': Rechte Pupille schwarz, unten kleines Gerinnsel.  
 12<sup>h</sup> 41': Neuerliche Punktion der rechten Vorderkammer. Bulbus weich, wenig Kammerwasser, gelblich.  
 12<sup>h</sup> 44': Die linke Kammer ist noch seicht.  
 13<sup>h</sup> 06': Das II. Kammerwasser von rechts ungeronnen.  
 13<sup>h</sup> 11': III. Punktion der rechten Kammer. Bulbus weich. Kammerwasser hellgelb-bräunlich.  
 14<sup>h</sup> 11': Sämtliche Ersatzkammerwässer sind geronnen.

Weitere drei Versuche am Kaninchen wurden mit einer neuen in vivo gerinnungshemmenden Substanz, dem „Tyrosinschwarz“ (Melanin) angestellt<sup>1)</sup>. Dieselbe ist in 1 proz. wäßriger Lösung (als Tyrosinschwarz-Natrium) tiefschwarz und färbt Blut und Kammerwasser, welchem es beigemischt wird, dunkel. Es wurden etwa 0,3 ccm Kammerwasser mit 0,03 ccm einer 1 proz. Lösung des Melanins versetzt und beide Flüssigkeiten vergleichend im Eintauchrefraktometer untersucht. Es ergab sich die interessante Tatsache, welche genauer zu untersuchen ist, daß das Melanin den Refraktometerwert des Kammerwasser in der Regel bedeutend verringert. Er ging von refr = 21,27 auf 15,5 herab. Dabei gelang es anfänglich nur schwer, im Refraktometer eine scharfe Grenzeinstellung zu erreichen. Nach einigen Minuten nahm die Schärfe ganz bedeutend zu. Die Versuche ergaben folgendes:

I.

11. II. 1921. Kaninchen.

- 9<sup>h</sup> 40': Punktion der linken Vorderkammer. Sofortige Injektion von 0,03 Tyrosinschwarz-Natrium 1% in die Vorderkammer.  
 10<sup>h</sup> 45': Neuerliche Punktion. Kammerwasser hellbraun. Refr. = 39,3.  
 10<sup>h</sup> 57': Glatt geronnen.

II.

12. II. 1921. Kaninchen.

- 12<sup>h</sup> 10': Punktion der rechten Vorderkammer. Spur Irisblutung. Sofortige Injektion von 0,03 Tyrosinschwarz-Natrium 1%.  
 12<sup>h</sup> 15': Das entleerte Kammerwasser wird mit 0,03 Tyrosinschwarz-Natrium versetzt. Malagabraun. Refraktometer: Gesichtsfeld gelblich, unscharf. Refr. ca. 20. In der Pupille graue Fibrinfäden.  
 12<sup>h</sup> 49': Refr. = 20,5, scharf.  
 12<sup>h</sup> 58': Neuerliche Punktion der rechten Kammer. Kammerwasser hellgelbbraun. Refr. = 41,1. Gerinnt glatt nach einigen Minuten.

III.

14. II. 1921. Kaninchen, 1500 g Albino.

- 10<sup>h</sup> 20': 15 ccm Tyrosinschwarz 1% intravenös, keinerlei Erscheinungen.  
 10<sup>h</sup> 50': Blut ungerinnbar.  
 11<sup>h</sup> 12': Punktion der linken Vorderkammer. Kammerwasser farblos.

<sup>1)</sup> Die Substanz überließ uns freundlichst Prof. W. Wiechowski.

- 11<sup>h</sup> 24': Refr. = 22,0.  
 11<sup>h</sup> 30': Punktion der rechten Vorderkammer. Kammerwasser farblos.  
 11<sup>h</sup> 39': Refr. = 22,0, linke Pupille tiefschwarz.  
 11<sup>h</sup> 40': Neuerliche Punktion der linken Vorderkammer. Kammerwasser gelbbraun.  
 11<sup>h</sup> 48': Refr. = 40,7.  
 11<sup>h</sup> 52': Keine Fibrinbildung.  
 12<sup>h</sup> 02': Feine Fibrinfäden.  
 12<sup>h</sup> 15': Kammerwasser geronnen. Rechte Pupille tiefschwarz.  
 12<sup>h</sup> 10': II. Punktion der rechten Kammer. Kammerwasser hellgelbbraun.  
 Refr. = 30,5.  
 12<sup>h</sup> 16': Glatt geronnen.  
 12<sup>h</sup> 34': Linke Pupille tiefschwarz. III. Punktion der Kammer. Kammerwasser hellgelbbraun.  
 12<sup>h</sup> 41': Refr. = 34,7. Blut zeigt leichtes Fibringerinnsel.  
 12<sup>h</sup> 55': Kammerwasser geronnen.

Da es sich also herausstellte, daß eine Ungerinnbarkeit des zweiten Kammerwassers bloß durch die für unser Hauptversuchstier, das Kaninchen ungeeignete Defibrinierung, durch die anderen blutgerinnungshemmenden Mittel, aber vorläufig nicht mit einiger Sicherheit zu erreichen war, haben wir davon überhaupt abgesehen und unsere Versuche an nicht vorbehandelten Tieren angestellt. Es zeigte sich dabei, daß eine Behinderung der Kommunikation zwischen Vorderkammer und Registrierer in der Regel auch in jenen Fällen viele Stunden lang ausblieb, in denen die Entleerung der ersteren eine bedeutende war. Erst im absteigenden Schenkel der 2. Druckschwankung nach mehreren Stunden kam es in der Regel zur Verstopfung der Stichkanüle durch Gerinnselbildung. Seltsamerweise wirkte diese ventilartig, indem die Wegsamkeit der Kanüle vorwiegend in der Richtung zum Registrierapparate behindert war. Von der glatten Wegsamkeit des Systems konnte man sich sonst jederzeit dadurch überzeugen, daß ein leichter Druck auf den Bulbus oder der Lidschlag eine entsprechende bei der Langsamkeit des Trommellaufes strichförmige Erhebung der Kurvenlinie zur Folge hatte. Ebenso markierten sich die gelegentlich bei spontaner oder künstlich hervorgerufener Unruhe des Tieres erfolgenden Schwankungen des Blutdruckes, welche sich ja bekanntlich nie über längere Zeitabschnitte erstrecken, als auf- oder abwärts gerichtete strichförmige Unregelmäßigkeiten der Kurvenlinie.

Die Resultate unserer Tierversuche folgen nun in Tabellenform zur leichten Übersicht der Verhältnisse der Vorderkammerentleerung bzw. des Auftretens der vorher schematisch geschilderten Druckschwankungen. Bezüglich der Entleerung ist die Zahl der entnommenen Tropfen verzeichnet. Das Zeichen  $\theta$  soll bedeuten, daß ein sichtbarer Abfluß von Kammerwasser in Tropfenform nicht stattgefunden hat. Das Auftreten der Druckschwankungen oder deren Ausbleiben ist mit + bzw. - bezeichnet, während das Leerlassen der bezüglichen Rubriken bedeutet,

daß der betreffende Versuch nicht bis zu jener Zeit fortgeführt wurde, zu welcher die Erscheinung zu erwarten gewesen wäre.

Tabelle I.

Tier	Datum	Abfluß	I. Anstieg	I. Spätanstieg	II. Anstieg	Bemerkungen
I. Kaninchen	1. III. 1921	0	+	—	∞	Anstieg verzögert
„	1. III. 1921	2—3 Tr.	+	—	∞	2. Einstich bei 35 mm Druck, (1. Anstieg)
II. Kaninchen	31. III. 1921	3 Tr.	—	—	sehr gering	
III. Kaninchen	16. IV. 1921	1 Tr.	—	—	++	
IV. Kaninchen	22. III. 1921	Spur	Abfall	∞	∞	
„	22. III. 1921	2 Tr.	—	—	—	An den Einstich schließt sich ein langsamer An- stieg an
V. Kaninchen	11. VI. 1921	einige Tr.	+	—	+	
VI. Kaninchen	12. VI. 1921	feinstes Tr.	++	—	++	
VII. Kaninchen	2. IV. 1921	Spur Ab- sickern	++	—	ange- deutet	
VIII. Kaninchen	21. III. 1911	0	—	—	∞	An den Einstich schließt sich ziemlich rasch ein Daueran- stieg an
IX. Kaninchen	4. IV. 1921	0	—	++	∞	Eintritt eines win- zigen Luftbläs- chens in der Vorderkammer
X. Kaninchen	6. IV. 1921	0	—	+	++	Luftbläschen i. d. Vorderkammer
XI. Kaninchen	9. IV. 1921	0	—	—	+	
XII. Kaninchen	23. IV. 1921	0	—	+	++	
XIII. Kaninchen	11. IV. 1911	0	—	+	—	Der 1. Spätanstieg führt zu dauern- der Druckstei- gerung

Tabelle II.

Tier	Datum	Abfluß	I. Anstieg	I.Spätanstieg	II. Anstieg	Bemerkungen
I. Hund	3. III. 1921	0,1 cc	—	∞	∞	Tonometr. Mes- sung m. Schiötz
II. Hund	9. III. 1921	0,2 cc	+	∞	∞	dgl.
III. Hund	13. V. 1921	0	—	—	—	
"	13. V. 1921	3 Tr.	—	—	—	Das Tier hatte einen abnorm niedrig. Druck. Hatte tags vor- her zu anderen Zwecken ge- dient
IV. Hund	12. V. 1921	0	—	—	+	
I. Katze	31. V. 1921	1 Tr.	—	+	+	Der I. Spätanstieg führt zu dauern- der Druckstei- gerung
II. Katze	11. X. 1921	0	+	—	+	
III. Katze	8. X. 1921	0	—	∞	∞	

Aus der Tabelle I, welche die Versuche an 13 Kaninchen umfaßt, ist zunächst zu ersehen, daß der *primäre Druckanstieg*, wie ihn *Seidel* beschrieb, in 15 gelungenen Versuchen *fünfmal* eingetreten ist. Außerdem kam es in 2 Fällen unmittelbar nach dem Stiche zu einem *allmählich sich entwickelnden andauernden Druckanstiege*, welcher stundenlang anhielt. In einem Falle erfolgte im Anschlusse an den Einstich ein erheblicher *Druckabfall*, welcher nach etwa 15 Minuten zu einem neuen tieferen Niveau führte. Siebenmal änderte sich die Höhe des Augen-druckes gegenüber der vor dem Versuche eingehaltenen nicht wesentlich.

Der *primäre Spätanstieg* des Druckes in der Vorderkammer erfolgte in 4 Fällen. Darunter führte *einmal* der Druckanstieg zu *dauernder Hypertonie*. Er ging also gleichsam unvermittelt in den *sekundären Druckanstieg* über.

Dieser *letziere* war in 10 entsprechend lange Zeit fortgeführten Versuchen *neunmal* ausgebildet, darunter *zweimal* nur in geringem Maße. In einem Versuche fehlte er ganz. Jedoch schloß sich, wie oben erwähnt, an den Einstich bei diesem Tiere direkt ein langsamer Anstieg des Druckes, welcher über 2 Stunden lang registriert wurde und am Ende dieser Zeit zu bedeutender Hypertonie geführt hatte.

Tabelle II orientiert über 5 Stichversuche in 4 Hunden- und 3 Katzenversuchen. Von den ersteren sind zwei am Hunde ganz nach *Seidels* Muster mit dem Tonometer von *Schiötz* angestellt. In dem *einen Falle trat die primäre Druckschwankung ein, im zweiten wurde sie vermißt*, indem der nach der Entleerung stark gesunkene Druck sich bloß zu dem vor dem Versuche bestandenen Werte wieder erhob.

Einen weiteren Versuch am Hunde führen wir an, möchten ihn aber aus der Reihe unserer Versuche eliminieren, da es sich um ein Tier handelte, dessen Zustand durch anderweitige tags vorher ausgeführte Versuche recht minderwertig war. Am vierten Hunde kam es zu keiner primären Druckschwankung. Von den 3 *Katzen* dagegen wiesen *zwei diese letztere* in typischer Weise auf, bei *einer* wurde sie *vermißt*. Jedoch zeigte dieses Tier den primären Spätanstieg, welchen wir sonst weder bei Hund noch Katze beobachteten, welcher aber unmittelbar in die sekundäre Druckschwankung überging. Diese selbst wurde unter vier entsprechend lange Zeit durchgeführten Fällen dreimal und zwar einmal beim Hunde und zweimal bei der Katze gefunden, einmal wurde sie bei letzterer vermißt.

Überblickt man diese Resultate unserer Versuche, so ist vor allem darauf hinzuweisen, daß Fehlen oder Auftreten der einzelnen Druckschwankungen durchaus nicht, wie man das von vornherein erwarten würde, mit dem Grade der Entleerung der Vorderkammer einhergehen. Vielmehr ist aus den Tabellen zu ersehen, daß die primäre Schwankung bei ausgiebigem Kammerwasserverluste ebenso fehlt oder auftritt wie bei nur spurweisem oder scheinbar ganz fehlendem. Ja, die Spätschwankung erscheint beinahe an jene Fälle geknüpft, in denen (in den Tabellen mit  $\theta$  bezeichnet) ein Kammerwasserverlust nicht zu beobachten war. Nun sind wir nicht der Meinung, daß es in allen diesen Fällen auch wirklich zu keinem solchen Verluste gekommen sei. Aber hochgradig ist er gewiß nicht gewesen, und doch kam es zu ausgiebigen und typischen Druckschwankungen. Daraus ist wohl zu schließen, daß nicht bloß die Entleerung der Vorderkammer, sondern auch noch andere Ursachen für die mit der Neufüllung der Vorderkammer einhergehenden typischen vorübergehenden Druckschwankungen verantwortlich zu machen sind, oder daß wenigstens gewisse vorläufig nicht übersehbare Bedingungen zu der den Druckanstieg hervorrufenden Ursache hinzutreten. Weiter ergibt sich daraus, daß eine auch umfangreichere Entleerung der Vorderkammer und damit Herabsetzung des Augendruckes während und nach der Kammerwasserersetzung nicht zu übernormaler Drucksteigerung zu führen braucht.

Der sekundäre Druckanstieg hingegen ist in allen lange genug durchgeführten Versuchen ganz unabhängig von dem Grade der Entleerung der Vorderkammer beobachtet worden. Sein regelmäßiger Eintritt

scheint ihm genetisch eine ganz andere Stellung zuzuweisen als den anderen Druckschwankungen. Doch wird hiervon später noch die Rede sein.

Wir führen nunmehr zur Illustration unserer Versuchsergebnisse einige Ausschnitte aus unseren Originalkurven vor.

Abb. 3 zeigt die primäre Druckschwankung nach dem Durchstiche (\*) der Vorderkammer mit feiner Rekordspritzenkanüle beim Kaninchen. Der Abfluß

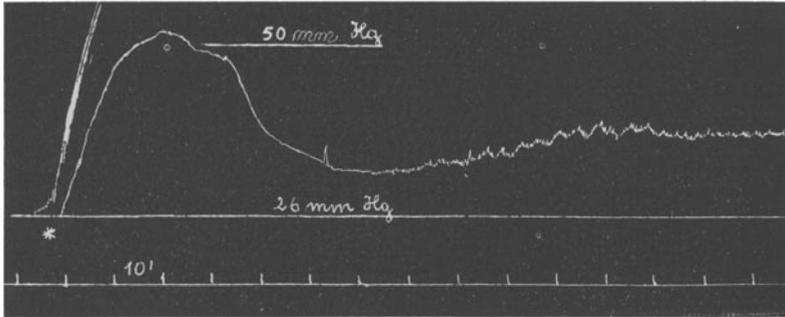


Abb. 3.

von Kammerwasser war gering. Sofortiger steiler Druckanstieg zu weit übernormalem Werte, welcher fast völlig wieder zurückgeht. Im absteigenden Schenkel der Schwankungskurve eine Reihe von Zacken, welche von Unruhe des Tieres herühren. In der Folge zeigt die Kurvenlinie einen andauernd gezackten Verlauf.

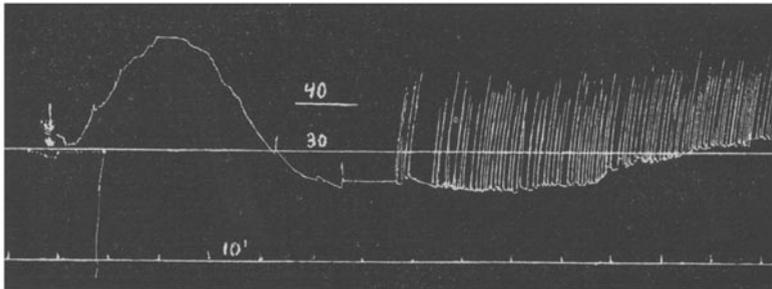


Abb. 4.

Die Unregelmäßigkeiten haben ihre Ursache in Lidschlägen und leichten Schwankungen des Blutdruckes.

Die primäre Druckschwankung bei der Katze ist in Abb. 4 wiedergegeben. Hier wurde kein Durchstich nach *Seidels* Methode vorgenommen, sondern die Drucksteigerung entwickelte sich im unmittelbaren Anschluß an den Einstich mit der *Leberschen* Kanüle. Ein Abfluß von Kammerwasser in Tropfenform wurde dabei nicht beobachtet. Da die Katze bekanntlich während der Fesselung und während dem Versuche dienender Manipulationen recht andauernd einen hohen Blutdruck zu halten geneigt ist, pflegt auch der Augendruck unter solchen Um-

ständen entsprechend hoch zu sein. Trotzdem ist die primäre Druckschwankung sehr bedeutend. Sie führt nach ihrem Abklingen zu etwas tieferem Druckwerte als vor dem Versuche. Die auch anfänglich als leichte strichförmige Erhebungen in der Kurvenlinie sichtbaren Lidschläge vermehren und verstärken sich dann, wie das für die Katze fast typisch ist, und verursachen die recht regelmäßige Folge senkrecht der Kurvenlinie aufsitzen der Striche. Am Ende des Ausschnittes ist dann der Beginn der sekundären Druckschwankung zu sehen.

Wir führen nunmehr in Abb. 5 eine primäre Druckschwankung vor, welche sich bei hypertonischem Auge ereignete. Beim Kaninchen hatte ein stärkerer Druck auf den Bulbus (ähnlich dem zum Luxieren ausgeübten) nach Aufhören desselben einen Anstieg der Kurve zur Folge, welcher zu einer bereits 30 Minuten andauernden Hypertonie führte. An diesem Bulbus wurde der *Seidelsche* Versuch durchgeführt. Es flossen drei Tropfen Kammerwasser ab, es erfolgte eine entsprechende, in der Kurve sichtbare Druckerniedrigung, welche von einer typischen primären Druckschwankung gefolgt war, die aber schließlich nicht zu normalem Druckwerte führte, sondern wiederum in den vorher bestandenen Zustand der Hypertonie überging.

Hier sei daran erinnert, daß der durch den Kammerwasserabfluß ausgeübte Reiz nicht nur beim Abfließen des Kammerinhaltes durch eine in die Bulbuskapsel künstlich gesetzte Öffnung wirksam ist. Es scheint vielmehr auch am uneröffneten Bul-

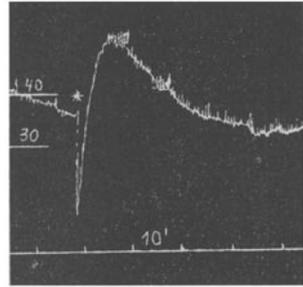


Abb. 5.

bus durch künstlichen Druck von außen die in demselben enthaltene Flüssigkeitsmenge vermindert zu werden. Messungen haben ergeben, daß auch bei noch so geschicktem Vorgehen der intraokulare Druck während des Luxierens des Kaninchenaugapfels vorübergehend stark ansteigen kann. Dabei kann Flüssigkeit auf den physiologischen Abflußwegen aus dem Bulbus ausgepreßt werden und die gleichen Erscheinungen, wie eine partielle Vorderkammerpunktion zur Folge haben.

Wir erinnern hier an die von *Magitot* und *Bailliant*<sup>1)</sup> veröffentlichte Tatsache, daß durch jeden auf den Augapfel ausgeübten Druck (bei Augen von normaler und übernormaler Tension) der intraokulare Tonus vermindert wird. Besonders gilt diese Tatsache für tonometrische Messungen, bei welchen das Gewicht des *Schiotz*schen Instrumentes mit dem Belastungsgewicht auf den Augapfel gesetzt wird. Wiederholung dieser Messungen bedeutet, wie jeder Kliniker weiß, immer eine Druckverminderung, die erhaltenen Werte werden immer kleiner. Andererseits dürfen wir nicht vergessen, daß diese Verdrängung von Flüssigkeit aus dem Augapfel sekundär wieder von einem überkompensatorischen Zustrom gefolgt ist, so daß die eintretenden Schwankungen ziemlich groß sein dürften. Beim Kaninchen jedenfalls folgt einer Ver-

<sup>1)</sup> *Magitot* und *Bailliant*, Modifications de la tension oculaire sous l'influence de pressions exercées sur le globe. *Annal. d. oculist.* 1919, 156. 1.

mehrerung des intraokularen Druckes, z. B. durch Luxation, ein Druckanstieg, welcher dem von *Seidel* entdeckten ungefähr gleichzusetzen ist.

Abb. 6 zeigt beim Kaninchen einen Fall von primärer Spätschwankung des Augendruckes. Einstich mit *Leberscher* Kanüle, welcher durch Unachtsamkeit von dem Eintritte eines winzigen Luftbläschens in die Vorderkammer gefolgt war. Ein tropfenweiser Abfluß von Kammerwasser wurde nicht bemerkt. Unmittelbar nach dem Einstiche folgte ein Absinken des Augendruckes, etwa eine halbe Stunde später der primäre Spätanstieg. Er führte zu hohem Druckwerte und wandelte sich schließlich in einen Druckabfall bis zu normalem Druckwerte. Lidschläge und Änderungen des Blutdruckes verliehen der Kurvenlinie gelegentlich Unregelmäßigkeiten.

Die Beziehungen zwischen primärer Spätschwankung und sekundärer Druckschwankung zeigt Abb. 7. Die erstere begann 50 Minuten nach dem Einstiche. Die Spuren lebhaften Lidschlages und gelegentlicher Blutdruckschwankungen des Kaninchens sind auch hier zu sehen. Etwa 20 Minuten nach Ablauf der Spätschwankung begann der sekundäre Anstieg, welcher schließlich nach 2 Stunden die nicht mehr ganz frische Gummimembran sprengte, wodurch der Versuch ein jähes Ende fand.

Schließlich führen wir noch in Abb. 8 die Mitte des Ablaufes einer sekundären Druckschwankung beim Kaninchen vor. Derselben war ein Einstich mit Abfluß eines Tropfens Kammerwasser gefolgt von einer typischen primären Druckschwankung vorangegangen. Die Schwankung, deren Gipfel hier reproduziert erscheint, wurde in ihrer ganzen achtstündigen Dauer registriert. Eine Verstopfung der Kanüle war hier wie übrigens auch im Falle der Abb. 7 trotz des vielstündigen Versuches nicht eingetreten.

Tabelle III.

	Zeit des Beginnes nach Kammer- entleerung in Min.	Dauer der Druck- schwankung in Min.	Drucksteigerung um mm Hg
Primärer An- stieg I	10—15	30—40	15—30
Primärer Spät- anstieg I Sp.	30—70	30—70	10—40
Sekundärer Anstieg II	90—300 (meist 120—200)	330—600	18—40 und darüber

Tabelle III gibt eine Übersicht über die erwähnten Punkte. Dazu ist nochmals zu bemerken, daß weder die Eintrittszeit und Dauer der einzelnen Schwankungen noch die Höhe der dabei erreichten Druckwerte einen regelmäßigen Zusammenhang mit dem Umfange der Kammerentleerung aufweisen. Vielmehr müssen die Ursachen für diese Momente in ganz anderen vorläufig nicht übersehbaren Verhältnissen gelegen sein. Ferner ist hervorzuheben, daß uns die absoluten Werte der von manchen sekundären Druckanstiegen erreichten Druckhöhe nicht bekannt sind. Denn die Eichung der Gummimembranen haben wir, um diese zu schonen, nicht immer über 40 mm Hg fortgesetzt. Die im primären Druckanstiege erreichten Druckwerte sind geringer, als die von *Seidel* tonometrisch

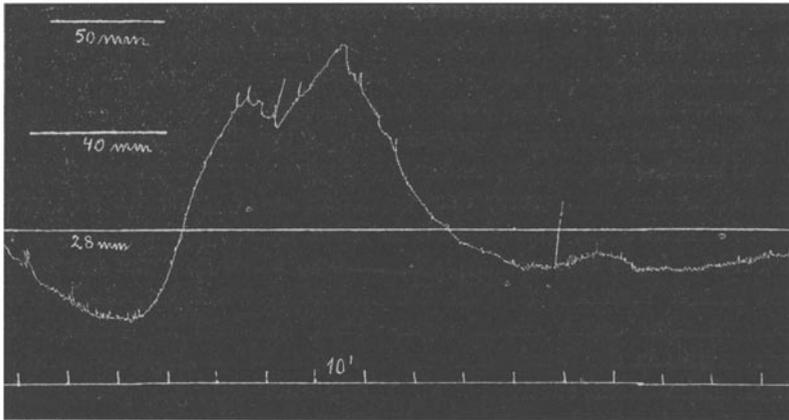


Abb. 6.

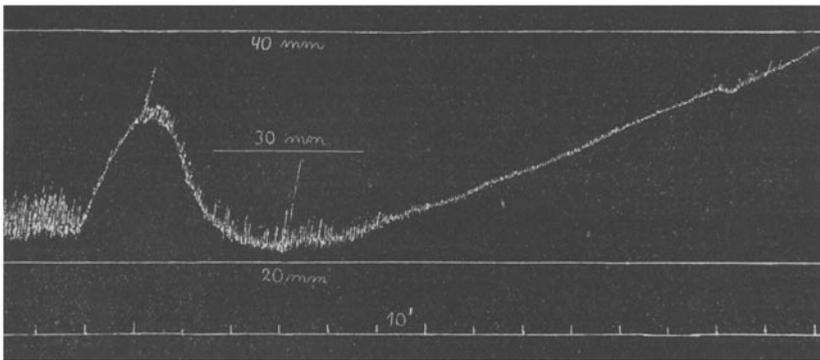


Abb. 7.

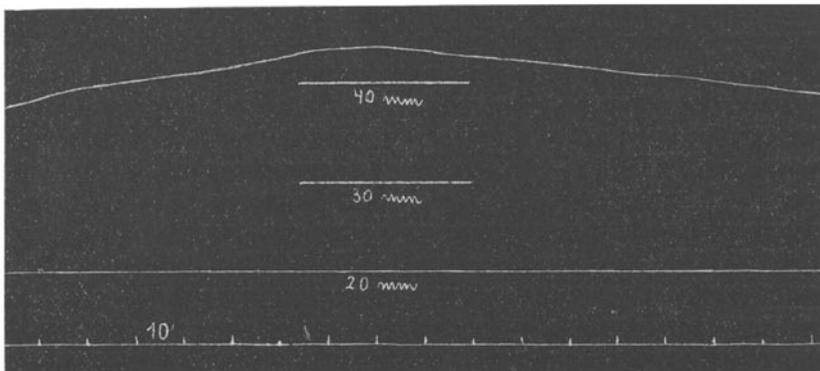


Abb. 8.

gefundenen Werte. Das mag an der Verschiedenheit der Methode liegen, vor allem an der bei tonometrischer Messung mit dem *Schiötz*schen Instrumente vielleicht leichter eintretenden Unsicherheit hypertotonischer Messungen. Mit den von *Hagen* tonometrisch am Kaninchenaugengefundenen Werten stimmen unsere Resultate ungefähr überein. Welches ist nun die Genese der hier beschriebenen typischen Druckschwankungen nach teilweiser Entleerung der Vorderkammer? Hier ist vor allem darauf hinzuweisen, daß es sich in allen derartigen Versuchen, wie sie *Seidel*, *Hagen* und wir angestellt haben, nicht bloß um die Folgen einer reinen Verminderung des Kammerinhaltes handelt, sondern daß wahrscheinlich durch die Manipulationen und das Liegenlassen der Instrumente in der Vorderkammer das untersuchte Auge in einem gewissen Reizzustand erhalten wird. Dieser unvermeidliche Fehler haftet wohl einer jeden über den Flüssigkeitswechsel im Auge angestellten experimentellen Untersuchung an. Wenn man nun auch der Meinung sein darf, daß die in Rede stehenden Druckschwankungen, wesentlich durch die Verhältnisse der infolge Druckerniedrigung auftretenden Neubildung von Kammerwasser und durch dessen veränderte Zusammensetzung hervorgerufen sein dürften, darf doch nicht außer acht gelassen werden, daß neben der Druckerniedrigung auch dem dauernden Reizzustand des Auges ein vorläufig nicht überschaubarer Anteil am Zustandekommen der von uns und anderen beschriebenen Erscheinungen zuzumessen sein wird.

Um bezüglich des wichtigen Anteiles der Verhältnisse bei der Neubildung des Kammerwassers Aufklärung zu erhalten, haben wir nun Versuche in der Art der bisher beschriebenen an Augen durchgeführt, welche unter der Wirkung solcher Gifte standen, deren Einfluß auf die Neubildung bzw. den Abfluß des Kammerwassers im allgemeinen bekannt ist. Es stellte sich heraus, daß das *Pilocarpin*, *Atropin* und *Adrenalin* den Ablauf der Druckschwankungen in den nach unserer Methode angestellten Versuchen in charakteristischer Weise verändern.

Wir führen wiederum die Resultate der Kaninchenversuche, welche vollkommen miteinander übereinstimmen in Abb. 9 als schematische Zeichnung vor. Diese enthält drei in einander gezeichnete Kurvenlinien, deren eine (—) den Verlauf der Druckschwankungen in der Vorderkammer des unter *Pilocarpin*wirkung stehenden Auges schematisch darstellt. Die zweite zeigt den Ablauf derselben nach *Atropin*darreichung (— — — —), während die dritte (— · — · —) den Einfluß des *Adrenalins* schematisch vorführt. Charakteristisch für die *Pilocarpin*-kurve ist die regelmäßig eintretende stattliche *primäre Druckschwankung*. Ferner das *Absinken* der Kurvenlinie *unter das* vor dem Versuche vorhandene *Niveau*. Endlich das *ruhige Verharren* derselben weit *unter der Ausgangshöhe* durch viele Stunden der Beobachtung. Es erfolgt

weder eine primäre Spät- noch eine sekundäre Druckschwankung, vielmehr kommt es nach Ablauf der primären Schwankung zu *andauernder Hypotonie*. Ganz anders verläuft die *Atropinkurve*. Auch hier erfolgt eine *primäre Druckschwankung*. Aber schon nach relativ kurzer Zeit schließt sich derselben eine *sekundäre* an, welche *besonders hohe Druckwerte* erreicht, und ungemein *lange andauert*. In unserer schematischen Abbildung ist der absteigende Schenkel der Kurvenlinie dieser Schwankung eingezeichnet. Für ihn gilt nicht die in der Abszisse vermerkte Zeit, sondern seine Zeitwerte sind 12 Stunden später anzusetzen. Die *Adrenalinkurve* endlich zeigt wieder ein ganz anderes Verhalten der Kurvenlinie. Eine *primäre Drucksteigerung fehlt in der Regel* ganz. Vielmehr kommt es zu einer primären Drucksenkung. Nur einmal haben wir einen primären Druckanstieg verzeichnet, und gerade diesen haben

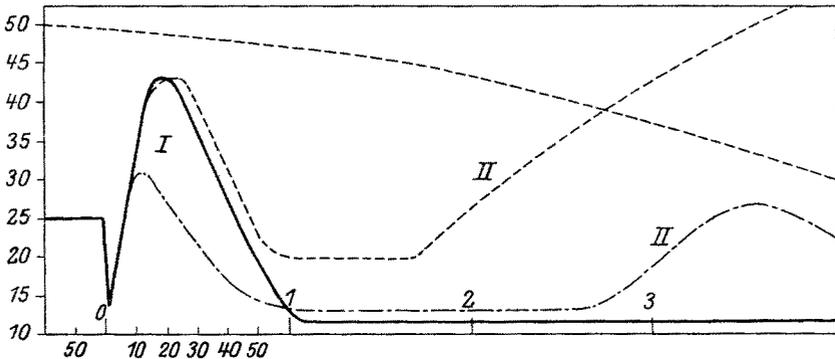


Abb. 9. Abszisse: Jeder Teilstrich = 10 Minuten. Ordinate: Jeder Teilstrich = 5 mm Hg.

wir der Anschaulichkeit halber in unsere schematische Abbildung eingesetzt. Er geht unvermittelt in eine erhebliche Drucksenkung über, welche jedoch nicht, wie bei der Pilocarpinkurve stundenlang weiter andauert, sondern nach entsprechender Zeit in einer allerdings geringgradigen und nur kurze Zeit andauernden sekundären Druckschwankung endet. Die Resultate unserer Vergiftungsversuche stimmen so gut überein, daß man die mitgeteilten Kurvenlinien als für die betreffende Vergiftung typisch bezeichnen kann.

Das spezielle Aussehen unserer Kurven sei nun wieder durch einige Beispiele illustriert.

Abb. 10 zeigt den Beginn einer Kurve der Druckschwankungen nach subconjunctivaler Injektion von *Philocarpin. hydrochlor. 2%* in der Dosis von 0,2 ccm beim Kaninchen. Als Folge des *Seidelschen* Versuches erfolgte eine primäre Druckschwankung, welche alsbald in dauernde Hypotonie überging. Auf dem neuen niedrigen Niveau verharrete der Augendruck, ohne sich während der weiteren vielständigen Beobachtungszeit wieder zu ändern. Wie in den früher mitgeteilten Kurven bemerkt man auch hier Druckwellen, welche durch Schwankungen des Blutdruckes sowie durch Lidschläge hervorgerufen wurden.

Aus unseren nach *Atropin*-Behandlung des Auges gewonnenen Kurven teilen wir in Abb. 11 einen Ausschnitt mit, welcher das charakteristische Verhalten der sekundären Druckschwankung zeigt. Das Gift *Atrop. sulfuric.* wurde als 1 proz. Lösung in der Dosis von 0,2 ccm ebenfalls subconjunctival gegeben. Dabei machten wir zuerst die Erfahrung, daß nach Durchstich der *Leberschen Kanüle* und An-

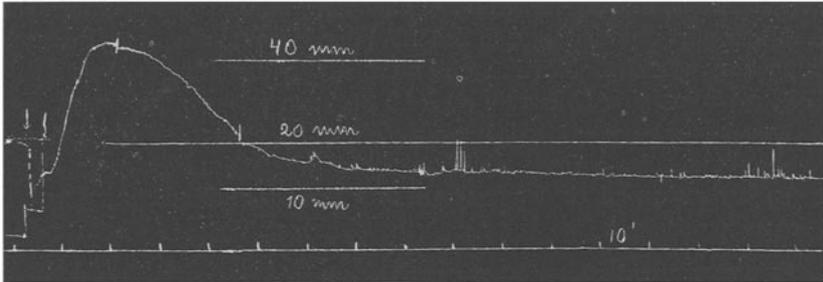


Abb. 10.

stellung des *Seidelschen* Versuches besonders leicht und rasch eine *Verstopfung der Kanüle* durch Gerinnelbildung eintrat. Eine Reihe von derartigen Versuchen mußte aus diesem Grunde vorzeitig abgebrochen werden. Glücklicherweise trat dieser Übelstand genügend oft nicht ein. Die Abb. 11 zeigt den Anstieg der sekun-

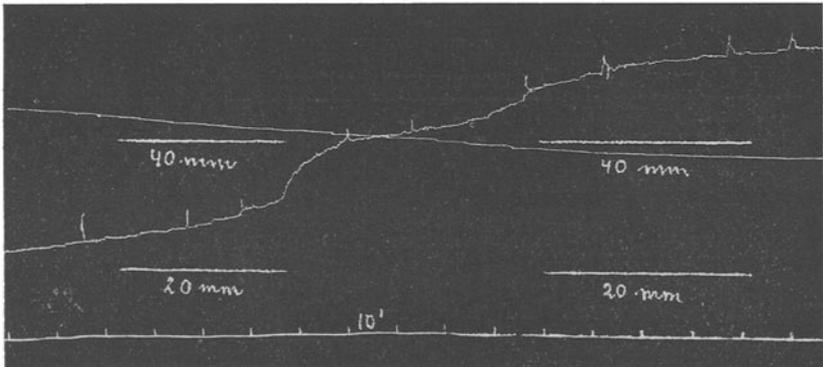


Abb. 11.

dären Druckschwankung, welcher bereits 110 Minuten nach der Vorderkammerentleerung begann. Man sieht, wie rasch er einen *bedeutenden Druckwert* erreicht. Nun drehte sich die Registriertrommel weiter, um nach 12 Stunden der Spitze des Schreibhebels dieselbe Stelle wieder zu bieten. Man sieht hier einen Ausschnitt aus dem absteigenden Schenkel der sekundären Druckschwankung. *Mehr als 12 Stunden* hielt sich in diesem Falle der Augendruck *über dem Werte von 50 mm Hg.*

Die *Adrenalin*-versuche wurden derart angestellt, daß 0,2—0,5 ccm Adrenalin 1 : 1000 subconjunctival gegeben wurden. Nach Anstellung des *Seidelschen* Versuches kam es stets zu primärer Drucksenkung

(40 Minuten nach der subconjunctivalen Injektion wurde der *Lebersche* Durchstich und 15 Minuten nach diesem die Entleerung der Vorderkammer vorgenommen), nur in einem Falle haben wir einen geringen, kurzdauernden primären Druckanstieg beobachtet, welcher sogleich in eine Drucksenkung unter den früheren Wert übergang.

Abb. 12 zeigt, wie der Augendruck, nachdem er sich dauernd subnormal verhalten hatte, zu einer geringgradigen kurzdauernden sekundären Druckschwankung erhebt. Die Wirkung einzelner Lidschläge ist gelegentlich der Kurvenlinie aufgesetzt.

Was geht nun aus den Resultaten der geschilderten Vergiftungsversuche für die Genese der von uns geschilderten Druckschwankungen hervor? Vom *Pilocarpin* wissen wir, daß es die Iris ausbreitet und die allgemeine Meinung geht dahin, daß durch solchen Mechanismus der Abfluß von Flüssigkeit aus der Vorderkammer begünstigt wird. Ferner haben die Untersuchungen *Seidels* gezeigt, daß dieses Gift den Ciliar-

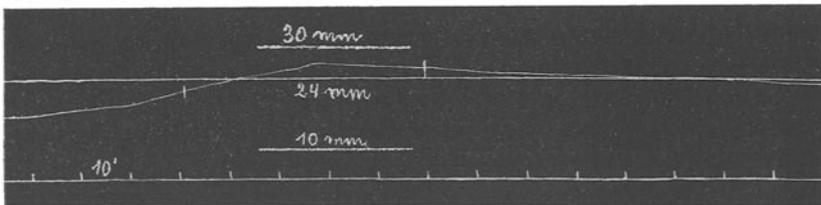


Abb. 12.

körper derart beeinflußt, daß es zu einem regen Austritte eiweiß- und fibrinhaltiger Flüssigkeit aus demselben kommt. Sehen wir also nach *Pilocarpin*vergiftung ein regelmäßiges Auftreten hoher primärer Druckschwankungen im Gefolge der teilweisen Entleerung der Vorderkammer und regelmäßiges Fehlen einer sekundären Druckschwankung, ja sogar das Erscheinen andauernder Hypotonie des Auges, so weisen diese Erscheinungen offenbar darauf hin, daß die Genese der primären (und wohl auch der primären Spät-) Schwankung im besonderen Verhalten des Ciliarkörpers, jene der sekundären Schwankung aber in den Verhältnissen des Flüssigkeitsabflusses gelegen sein dürfte. Das erstere stellt eine experimentelle Bestätigung der von *Seidel* und *Hagen* ausgesprochenen Meinung dar, daß die Ursache des primären Druckanstieges in der vermehrten Neubildung des Kammerwassers gelegen sei. Die letzte Erscheinung aber spricht dafür, daß eine am normalen Auge rasch durch Eiweiß und Gerinnungsprodukte eintretende zum sekundären Druckanstiege führende Verlegung der Abflußwege durch die Anspannung und Ausbreitung der Iris infolge der *Pilocarpin*wirkung vermieden wird.

Das Atropin führt zu maximaler Mydriasis, Verschmälerung der Irisoberfläche und Verdickung, und damit zur Erschwerung des Abflusses aus der Vorderkammer. Sehen wir also nach Atropin, die primäre Druckschwankung unverändert, die sekundäre aber besonders rasch beginnend und zu besonders hohen Druckwerten langdauernd verlaufen, so sprechen auch diese Erscheinungen wieder für die Genese der *sekundären Schwankung aus behindertem Abflusse*.

Das Adrenalin endlich hat vor allem eine charakteristische Wirkung auf den Ciliarkörper. Seit den bekannten Untersuchungen von *Wessely* wissen wir, daß nach subconjunctivaler Adrenalininjektion das nach Entleerung der Vorderkammer neu gebildete Kammerwasser eiweiß- und fibrinarm ist, und daß die Neufüllung der Vorderkammer längere Zeit erfordert. Es handelt sich also hier um eine quantitative und qualitative Beeinflussung des Ciliarkörpers in negativem Sinne. Ferner verursacht das Adrenalin subconjunctival gegeben eine allerdings relativ rasch vorübergehende wenig ausgesprochene Mydriasis. Für den Ausfall unserer Versuche wird zu erwarten sein, daß die sehr erschwerte und verzögerte Neubildung von Kammerwasser auch das Auftreten der primären Druckschwankung in hohem Maße beeinträchtigt. Das ist, wie gezeigt wurde, tatsächlich der Fall. Der Umstand aber, daß das doch neu gebildete Kammerwasser eiweiß- und fibrinarm ist, erklärt es, daß nach Adrenalingaben der sekundäre Druckanstieg nur in sehr geringem Maße zustande kommt. Die Abflußwege werden durch eine in ihrer Zusammensetzung dem physiologischen Kammerwasser nahestehende Flüssigkeit eben nicht verstopft. Auch aus den Resultaten der Adrenalinversuche läßt sich also der Schluß ziehen, daß der primäre (und wohl auch der primäre Spät-) Anstieg des Augendruckes durch die Verhältnisse der Neubildung des Kammerwassers bedingt, der sekundäre aber vor allem in jenen des Abflusses aus der vorderen Augenkammer begründet ist. Im ersteren Falle handelt es sich also wohl um die abnorm rasche und starke Bildung eines pathologischen Kammerwassers, im zweiten um Behinderung des Abflusses aus der Vorderkammer durch temporäre Verstopfung der Abflußwege durch die abnormen Bestandteile desselben. Daher begünstigt das Pilocarpin die erstere Erscheinung durch Beeinflussung des Ciliarkörpers, das Adrenalin unterdrückt sie auf dem gleichen Wege. Und während das Pilocarpin den sekundären Druckanstieg durch wesentliche Verbesserung der Abflußbedingungen verhindert, das Atropin aber sein Zustandekommen durch hochgradige Erschwerung derselben sehr begünstigt, fällt hier nach Adrenalingaben die wesentliche Ursache für die Erschwerung des Abflusses aus der Vorderkammer, der Reichtum des neugebildeten Kammerwassers an fremden Bestandteilen weg.

Refraktometrische Untersuchungen haben uns gezeigt, daß 75 Min.

nach Einlegen der *Leberschen* Durchstichkanüle (mit verschlossenem Lumen) das Kammerwasser einen Refr. von 32.1 aufwies (normalerweise 20.6 mit minimalen Schwankungen). Wurde ein paralleler Versuch nach vorhergehender subconjunctivaler Applikation von Adrenalin ausgeführt, so erhielten wir Refr. 21.3, einen Wert, der sich dem normalen bereits sehr nähert, was den oben geäußerten Anschauungen entspricht. Schließlich sei noch bemerkt, daß unter Adrenalinwirkung niemals eine Verstopfung der Durchstichkanüle infolge von Gerinnung zu beobachten war.

*Ergebnis.*

1. Die manometrische Untersuchung des Druckes in der Vorderkammer nach teilweiser Entleerung derselben führt zur Aufstellung wohlcharakterisierter Typen von Druckschwankungen als Folge der Entleerung.
2. Durch Vergiftungsversuche des Auges werden diese Druckschwankungen genetisch zum Teile auf die Verhältnisse der Neubildung zum Teile auf jene des Abflusses des Kammerwassers zurückgeführt.