

# Experimenteller Beitrag zur Pathogenese der Stauungspapille.

Von

Dr. Georg Levinsohn,  
Privatdozenten in Berlin.

Mit Taf. XV—XVIII, Fig. 1—19.

---

Trotzdem das unter der Bezeichnung „Stauungspapille“ bekannte okuläre Symptom durch zahlreiche anatomische und klinische Arbeiten in den letzten Jahrzehnten eine immer grössere Klärung erfahren hat, gehen die Ansichten über das Zustandekommen desselben zurzeit mehr denn je auseinander. Die Gründe für diesen auffallenden Unterschied der Meinungen liegen einmal darin, dass die einzelnen Autoren, welche das Wesen der Stauungspapille zu erklären suchten, einzelne in Frage kommende Momente allzu sehr betont und daher beim Aufstellen ihrer jeweiligen Theorien einen etwas einseitigen Standpunkt eingenommen haben, anderseits aber in dem Umstande, dass das objektive Tatsachenmaterial, auf das sich die Hypothesen von der Stauungspapille stützten, nicht als völlig ausreichend und einwandfrei betrachtet werden kann. Es muss daher in erster Linie die Aufgabe sein, dieses Tatsachenmaterial zu vermehren, wenn anders eine Förderung der obigen Frage erwartet werden darf. Hierzu dürfte sich als besonders geeignet der Tierversuch erweisen, der uns die Möglichkeit gibt, unbekannte oder ungenügend erkannte physiologische Begriffe und Beziehungen zu erforschen und aufzuhellen und so die Basis, auf welcher sich die Theorien aufbauen, zu kräftigen.

Sowohl die von Schmidt-Rimpler und Manz inaugurierte Lymphraum- wie die Lebersche Entzündungstheorie gehen beide von der Ansicht aus, dass die Cerebrospinalflüssigkeit infolge erhöhten intrakraniellen Druckes durch die Optikusscheiden in die Lamina cribrosa gepresst wird. Die Differenz in beiden Anschauungen beruht nur darauf, dass die ersten Autoren das rein mechanische Moment der Drucksteigerung und die dadurch bedingte Kompression des Sehnerveneintritts resp. der Zentralgefäße für die Entstehung der Stauungspapille

anschuldigen, während Leber in den eingepressten Toxinen die Hauptursache bei der Pathogenese der Stauungspapille erblickt. Alle drei genannten Autoren lassen die Frage, nach welcher Richtung die in den Optikusscheiden befindliche Flüssigkeit abfließt, offen; doch kann wohl aus ihren Theorien gefolgert werden, dass der Strom der Cerebrospinalflüssigkeit vom Gehirn zum Auge erfolgen muss. Insbesondere hat Deutschmann<sup>1)</sup>, welcher an erster Stelle für die Lebersche Theorie eingetreten ist, durch Einbringung von Tusche unter die Sehnervenscheiden in der Nähe des Sehnerveneintritts unter Vermeidung jeglichen Druckes festgestellt, dass die Tusche sich nur am bulbären Ende der Optikusscheiden ablagerte, dass demgemäss der Lymphstrom vom Gehirn zum Auge im zentrifugalen Sinne stattfindet. Ferner haben Gifford<sup>2)</sup> und Deutschmann<sup>3)</sup> nachgewiesen, dass Tusche, welche in den Subarachnoidealraum des Gehirns gespritzt war, durch den Scheidenraum des Optikus längs der Perivaskulärräume der Zentralgefässe in die Orbita übertrat. Andererseits mag hier gleich hervorgehoben werden, dass Leber<sup>4)</sup> mit andern Autoren zwar nur ein geringes, aber doch sicher vorhandenes Abströmen der intraokularen Flüssigkeit durch den hinteren Augenpol nach dem Sehnerven zu konstatiert hat.

Im Gegensatz zu den genannten Autoren glaubten Schwalbe<sup>5)</sup>, Stilling<sup>6)</sup>, Knies<sup>7)</sup> und Weiss<sup>8)</sup>, dass die in den Optikusscheiden befindliche Flüssigkeit in der Richtung vom Auge nach den subarachnoidealen Räumen des Gehirns ihren Abfluss nimmt. Versuche aber, welche diese Ansicht erhärten, liegen nur sehr unvollkommen vor. So stützte Stilling diese Annahme auf die intraokulare Drucksteigerung, die er im Gegensatz zu andern Autoren nach Unterbindung des Sehnerven hinter dem Auge bei Kaninchen eintreten sah. Schwalbe injizierte unter hohem Druck vom subarachnoidealen Raum des Gehirns und Rückenmarks die intervaginalen Räume des Sehnerven, den Tenonschen Raum und den Perichorioidealraum des Auges, und stellte so die Kommunikation dieser Räume untereinander fest; indes dürfte dieser Versuch

<sup>1)</sup> v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XXX. 3. 1892.

<sup>2)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. XVI. 1886.

<sup>3)</sup> Über die Ophthalmia migratoria. 1889.

<sup>4)</sup> Graefe-Saemisch, Handbuch d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. II. 1903.

<sup>5)</sup> Centralbl. f. med. Wissensch. 1869, Bd. XXX u. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. VI. 1870.

<sup>6)</sup> Bericht üb. d. Versammlung d. Ophthalm. Gesellschaft Heidelberg 1877 u. Arch. f. Augenheilk. Bd. XVI. 1886.

<sup>7)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. VII. 1878.

<sup>8)</sup> v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XXV. 2. 1877.

für die Richtung des Flüssigkeitsstroms in irgend einem Sinne kaum bestimmend sein. Ebenso wenig beweisend sind die Versuche von Knies und Weiss, die auf Grund von Einspritzungen diffusibler Substanzen in den Glaskörper einen Weg an der Aussenfläche der Sklera in den Zwischenscheidenraum festgestellt haben. Dahingegen kommt dem Versuche Schwalbes<sup>1)</sup>, der durch Injektionen unter die innere Optikus-scheide den Zusammenhang des Zentralkanals mit den Perivaskulär-räumen der Zentralgefässe und dem Intervaginalraum des Sehnerven nachgewiesen und auf diesem Wege einen Abfluss der Glaskörper-lympe angenommen hat, eine grössere Beweiskraft zu.

Es kam nun zunächst darauf an, der Frage der Flüssigkeitsbewegung in den Optikusscheiden näher zu treten und sie durch Versuche weiter zu klären. Von der Tatsache ausgehend, dass bei Verstopfung von unverzweigten Ausführungsrohren Flüssigkeit enthaltender Räume die Flüssigkeit sich zuvörderst am Endausgang der ersteren zu stauen pflegt lag es nahe, das Moment der Stauung heranzuziehen und durch Unterbindung des Sehnerven inklusive seiner Scheiden festzustellen, ob die Stauung vor oder hinter der Unterbindung eintritt, d. h. ob die Flüssigkeit nach dem Auge oder in der Richtung vom Auge abfliesst. Eine derartige Versuchsanordnung rechnet naturgemäss mit gewissen Fehlerquellen, die durch den Reiz der Unterbindung auf den Sehnerven, wie durch die bei der Operation eintretenden Verletzungen und eventuellen Verunreinigungen bedingt werden. Immerhin ist bei genügender Berücksichtigung dieser Momente noch am meisten Aussicht vorhanden, Aufschluss über die hier interessierende Frage herbeizuführen.

Ein anderer Weg, welcher die Möglichkeit bietet, das Verhalten der Cerebrospinalflüssigkeit zum Auge zu bestimmen, wird dadurch geboten, dass man Flüssigkeiten resp. fein verteilte Substanzen der Cerebrospinallymphe einverleibt und dann ihre weitere Verbreitung anatomisch feststellt. Hierüber liegen zahlreiche Versuche vor. Schon Magendie<sup>2)</sup>, dann Luschka<sup>3)</sup> zeigten durch Einspritzungen in den Subarachnoidealraum des Rückenmarks, dass dieser mit den Seitenventrikeln in offener Verbindung steht. Dann konnten Axel Key und Retzius<sup>4)</sup> durch Injektion erstarrender Flüssigkeiten nachweisen, dass der Farbstoff leicht aus dem Subarachnoidealraum des Rückenmarks in die Hirnventrikel und den subvaginalen Raum des Optikus

<sup>1)</sup> Berichte d. Kgl. Sächs. Gesellschaft d. Wissensch. zu Leipzig. 1872.

<sup>2)</sup> Recherches physiolog. et cliniques sur le liquide cérébrospinal. Paris 1842.

<sup>3)</sup> Die Adergeflechte des menschlichen Gehirns. Berlin 1855.

<sup>4)</sup> Studien in der Anatomie des Nervengewebes u. des Bindegewebes. 1875.

bis an den Sehnerveneintritt eindrang; desgleichen fanden sie durch Einspritzungen von Farbstoff in die Gehirnventrikel den Farbstoff in den Subarachnoidealräumen des Zentralnervensystems wieder. Ähnliche Resultate bezüglich des Sehnerven erzielten die Versuche von Schwalbe<sup>1)</sup>, Manz<sup>2)</sup>, v. Michel<sup>3)</sup> und Deutschmann<sup>4)</sup>. Quincke<sup>5)</sup> spritzte beim lebenden Tiere zinnoberhaltige Flüssigkeit in den Subarachnoidealraum des Rückenmarks und Gehirns ein und fand gleichfalls, dass diese sehr leicht in den Intervaginalraum des Optikus eindrang. Dagegen konnte er sie niemals im Zentralkanal und den Perivaskulärräumen des Gehirns und Rückenmarks und nur ausnahmsweise in den Gehirnventrikeln und in den Plexus chorioidei des Gehirns nachweisen. Er folgerte aus seinen Versuchen, dass der Flüssigkeitsstrom aus den Ventrikeln und dem Zentralkanal nach dem Subarachnoidealraum und nicht in umgekehrter Richtung sich bewegte. Quincke fand, dass in vier Fällen, in denen der Tod schon nach 6—20 Stunden eintrat, der Farbstoff besonders weit verbreitet war. Obgleich alle späteren Untersucher sich gleichfalls auf den Standpunkt stellten, dass die cerebrospinale Flüssigkeit aus den Ventrikeln in den Subarachnoidealraum des Gehirns und Rückenmarks abfließt, liegen Versuche über das Verhalten der im Subarachnoidealraum injizierten Flüssigkeit zu den Ventrikeln, den Hirngefäßen und dem Scheidenraum des Optikus nicht vor. Es war daher notwendig, die genannten, insbesondere die Quinckeschen Versuche zu wiederholen und vor allem an Serienschritten den Weg, auf dem die Flüssigkeit vordrang, genau zu verfolgen. Schliesslich schien es von Interesse, die Versuche der Sehnervunterbindung mit denjenigen der Subarachnoidealinjektionen zu vereinigen und das Verhalten des Farbstoffs am Orte der Unterbindung zu beobachten.

Die Versuche wurden an drei Kaninchen und zwölf Katzen angestellt und betrafen mit Ausnahme von zwei neugeborenen Kätzchen ausgewachsene Tiere. Bei allen Tieren wurde, mit Ausnahme von zwei Katzen, entweder einseitig oder auf beiden Seiten die Sehnervunterbindung gemacht. Sechs Katzen und zwei Kaninchen erhielten Einspritzungen von zinnoberhaltiger Flüssigkeit in den Subarachnoidealraum des Gehirns. Und zwar fand die Injektion immer etwa in der Mitte des Scheitelbeins auf der linken Seite vermittle einer Pravaz-Spritze statt, so dass stets nur ein geringes Flüssigkeits-

<sup>1)</sup> Loc. cit.      <sup>2)</sup> v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XVI. 1. S. 265. 1870.

<sup>3)</sup> v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XVIII. 1. S. 127.

<sup>4)</sup> Über Neuritis optica etc. Jena 1887.

<sup>5)</sup> Archiv von Reichert u. Du Bois-Reymond. 1872. Heft 2.



quantum unter verhältnismässig geringem Druck injiziert wurde. Die Sehnervenunterbindung wurde nur einmal von vorn ausgeführt. Da aber hierbei die Verletzung der den Sehnerven umgebenden Weichteile besonders umfangreich war, und auch die Unterbindung meist nur in der Nähe des Augapfels bewerkstelligt werden konnte, so wurde bei weiteren Versuchen hiervon Abstand genommen und die Sehnervenunterbindung von der Seite ausgeführt. Hierzu war es natürlich notwendig, den *Musculus temporalis* von seinem Ansatz an das *Os temporale* zum grossen Teil loszulösen und dann ähnlich wie bei der Exstirpation des Ganglion ciliare den Sehnerv ohne Verletzung freizulegen. Bei der Enge des Raumes wurde, um den Sehnerv zu schonen, die Umschnürung mit Pincetten ausgeführt, nachdem ein Faden mittels eines Arterienhakens unterhalb des Sehnerven durchgezogen war.

Die Injektion in den subarachnoidealen Raum fand mit Ausnahme der beiden neugeborenen Kätzchen, bei denen die Spritze direkt durch die Fontanelle eingestossen wurde, immer erst nach vorhergehender Trepanation statt; die Trepanation wurde, um ein möglichst reines Operationsgebiet zu erhalten, einen Tag vor der Injektion ausgeführt und die Haut über der Dura zunächst durch eine Suture geschlossen. Am nächsten Tage wurde letztere dann gelöst und nun bei absolut reizlosen und sauberen Verhältnissen die Injektion ausgeführt. Trotzdem der Druck, unter dem die Einspritzung erfolgte, ein relativ geringer war, ereignete es sich doch fast immer, dass mehr oder weniger zinnoberhaltige Flüssigkeit aus dem Einstichloch neben der Pravaz-Spritze oder nach Herausziehen derselben zurückfloss. In denjenigen Fällen, in denen dies Zurückströmen ein besonders reichliches war, wurde daher nochmals etwas Flüssigkeit injiziert. Jedenfalls überstieg die Injektionsflüssigkeit nicht das Quantum von  $\frac{1}{2}$  Gramm, hielt sich aber meist wesentlich unterhalb desselben.

Nach dem Tode der Tiere, der teils spontan erfolgte, teils künstlich herbeigeführt wurde, wurden die Augen inklusive der Sehnerven, sowie das Gehirn in laufenden Serien untersucht und zwar mit Ausnahme von Katze 5, deren Sehnerven in Querschnitten zerlegt wurden, auf Sagittalschnitten. Da eine Beobachtung der betreffenden Organe nur in ihrer Gesamtheit und nicht bestimmter Partien ins Auge gefasst war, so wurden zwischen zwei folgenden Schnitten kleine oder etwas grössere Lücken gelassen. Aus dem gleichen Grunde erübrigte sich auch eine spezifische tinktorielle Reaktion der Schnitte, die nur mit Hämatoxylin resp. Eosin gefärbt wurden. Von den neugeborenen Kätzchen und einer ausgewachsenen Katze (12) wurde der ganze

Kopf in Serien zerlegt, nachdem vorher eine Entkalkung vorgenommen war. Auf diese Weise war es möglich, jede Verschiebung und Zerreissung der Weichteile, die beim Herausnehmen aus dem Schädel nicht immer zu vermeiden war und die Lage der Sehnervenscheide zum Sehnerven verändern konnte, zu umgehen.

Nach der Operation wurde zunächst das physiologische Verhalten der Tiere sorgfältig beobachtet. Insbesondere wurde, soweit es möglich war, ein genauer ophthalmoskopischer Befund erhoben, da dieser ganz besonders geeignet erschien, über die Lage und die Ausdehnung des operativen Eingriffs zu orientieren. Erst durch die Betrachtung des ophthalmoskopischen Befundes wird die Möglichkeit gegeben, festzustellen, ob bei der Sehnervenunterbindung die Netzhautgefässe mitunterbunden oder freigeblieben waren. Auch das Verhalten des intraokularen Druckes, der Pupille und der Lidreflexe wurde genau kontrolliert. Das Verhalten der Pupille soll aber hier ausser Betracht bleiben und in einer späteren Arbeit eine spezielle Berücksichtigung erfahren.

Zur besseren Illustration der Versuche folgt jetzt eine Wiedergabe der Protokolle, von denen einige, um Wiederholungen zu vermeiden, fortgelassen sind.

Katze 1. 4. XI. Unterbindung des linken Optikus, danach links:  $\text{Re(S)} = 0$ ,  $\text{T} = 1$  bis  $-2$ . 0 annähernd normal: die Arterien scheinen leicht verengt zu sein, während die Venen geringe Schlingelung und Dilation aufweisen.

5. XI. Das Verhalten der Gefässe zeigt heute noch kaum eine Abweichung von der Norm, die Arterien sind voller, die Venen weniger geschlingelt.

6. XI. Status idem. Abbindung des rechten Optikus. Rechts:  $\text{Re(S)} = 0$ ,  $\text{T} = 1,0$  zeigt das Bild einer Embolie: die Blutsäule der Netzhautarterien ist an zahlreichen Stellen unterbrochen, der Augenhintergrund etwas abgeblasst.

7. XI. Status idem. 0 heute noch mehr abgeblasst. Das Tier wird getötet.

Mikroskopischer Befund. Links: Starke interstitielle Neuritis, die von der Schnürstelle nach vorn und hinten an Intensität abnimmt. Die Längssepten sind reichlich mit Kernen durchsetzt, die an einzelnen Stellen, besonders an den Knotenpunkten mit den Quersepten dichte Haufen bilden. Am stärksten ist der Axialstrang infiltriert. An der Mündung desselben in die Pia findet sich eine besonders intensive Anhäufung von Rundzellen und vollständige Obliteration des subvaginalen Raumes. Distal von der Schnürstelle, die etwas proximalwärts vom Axialstrang gelegen ist, liegen die Scheiden mehr oder weniger ziemlich dicht dem Sehnerven an, während proximal von der Abbindung grosse subarachnoideale Lücken vorhanden sind, zwischen denen sich zarte, mitunter verdickte arachnoideale Balken ausspannen. Die Pia erscheint durch Zellvermehrung, namentlich in ihren

äusseren Schichten verdickt; insbesondere sind die adhärennten Partien des Scheidenraumes durch reichliche Zellanhäufungen ausgezeichnet. Nur am Sehnerveneintritt ist trotz vollkommenen Anliegens der Scheiden die Pia fast ganz entzündungsfrei. Ausser einer teilweisen Verdickung ihrer Balken zeigt die Arachnoidea nichts Abnormes, desgleichen erscheint die Dura völlig intakt. Die Sehnervenfaser, die an der Schnüerstelle völlig zertrümmert sind, lassen unmittelbar distalwärts von derselben geringe und proximalwärts starke Quellung erkennen. Vereinzelte runde Lücken sind hier vorzugsweise auf den Ausfall von Sehnervenfaser zurückzuführen. Die Lamina cribrosa ist horizontal ausgespannt und zeigt nur an einer circumscribten Stelle eine nach dem Glaskörper geringe Konvexität. Die Papille ist mässig geschwellt und mit Rundzellen infiltriert. In der Umgebung des Sehnerven, die besonders an der Schnüerstelle stark mit Leukocyten durchsetzt ist, finden sich vor und hinter der Abbildung grosse, mit Endothel ausgekleidete und zum Teil mit geronnenem Serum gefüllte Lücken.

Rechtes Auge: Interstitielle Neuritis, nicht so intensiv wie links, stärker distalwärts von der Abbindung als proximalwärts von derselben. Die Arachnoidea liegt der Pia distalwärts von der Abbindung durchweg dicht an, proximalwärts von derselben schmaler subarachnoidealer Spaltraum, der an einzelnen Stellen durch Adhäsionen unterbrochen ist. An letzteren Punkten ist die entzündliche Zellanhäufung, die sonst an den Scheiden nur wenig oder gar nicht vorhanden ist, stärker ausgesprochen. Die Lamina cribrosa erscheint leicht nach dem Glaskörper zu konvex, Papille wenig geschwellt, Nervenfasern etwas aufgelockert und mässig mit Rundzellen durchsetzt. Netzhautgefässe am Papillenrande klaffend und fast völlig blutleer. Distalwärts von der Abschnürung grosse extradurale, teils mit Serum, teils mit Leukocyten gefüllte und mit Endothelien ausgekleidete Lücken.

Katze 4. 29. XI. Links Unterbindung, danach Venen und Arterien leicht verengt, sonst On.

30. XI. Links:  $Re(S) = 0$ , die Vena nasalis superior zeigt über grosse Strecken, die Vena temporalis inferior nur an vereinzelten Punkten Unterbrechungen ihres Lumens, die übrigen Venen sind intakt, die Arterien leicht verengt.

1. XII. Die Vena nasalis superior heute kontinuierlich gefüllt, aber im ganzen wenig verengt, die Vena temporalis inferior zeigt die gestern beobachteten Unterbrechungen. Alle Arterien auffallend verengt, Augenhintergrund im ganzen stark abgeblasst.

2. XII. Hornhaut leicht getrübt. Das Tier wird getötet.

Mikroskopischer Befund. Links: Geringe interstitielle Entzündung des Sehnerven vor und hinter der Abbindung, stärkere Entzündung des umgebenden Gewebes, das auch zahlreiche, mit Endothelien ausgekleidete und mit geronnenem Serum, zum Teil mit vereinzelt Leukocyten gefüllte Lücken enthält. Die Scheiden, die zum grossen Teil ein normales Verhalten und nur eine leichte Verdickung der Arachnoidealbalken und ganz geringe Zellanhäufung der Pia besitzen, liegen dem Sehnerven fast durchweg an; nur distalwärts von der Abschnürung erscheinen sie etwas aufgelockert und weisen geringe subarachnoideale Spaltbildungen auf. Die Sehnervenfaser distalwärts von der Abbindung stark gequollen, zum Teil zertrümmert,

zwischen ihnen zahlreiche, meist runde intraoptikale Lücken; die Lamina cribrosa besitzt zu zwei Drittel ein nach dem Glaskörper zu konvexes Aussehen (Fig. 1), im letzten Drittel ist sie fast horizontal ausgespannt. Die Blutgefäße sind proximalwärts von der Abschnürung strotzend gefüllt.

Kaninchen 1. 9. XI. Links: Unterbindung des Sehnerven, ungefähr  $\frac{3}{4}$  cm hinter dem Auge, links Re(S) herabgesetzt, On.

10. XI. Hornhaut diffus getrübt, O nicht sichtbar. Abschnürung des rechten Sehnerven. Rechts: Gefäße etwas verengt.

11. XI. Links: Hornhaut zum Teil aufgehellt, rechte Hornhaut wenig getrübt, beiderseits T—1. Das Tier wird getötet.

Mikroskopischer Befund. Beiderseits geringe interstitielle Entzündung der Sehnerven, die sich in einer minimalen Zellvermehrung dokumentiert; nur distalwärts von der Abschnürung, wo die Sehnervenscheiden beiderseits dem Sehnerven dicht anliegen, zeigen erstere eine etwas stärkere Zellanhäufung, während sie proximalwärts von der Abschnürung ein normales Verhalten, aber einen stark ausgesprochenen Hydrops vaginae erkennen lassen. Die subarachnoideale Natur dieses Hydrops ist ersichtlich aus den schmalen, straff gespannten, zellarmen Arachnoidealbalken, welche von der Pia zur Arachnoidea hinüberziehen (Fig. 2). Die Lamina cribrosa besitzt ein nach der Retina zu konkaves Aussehen, trotzdem die Papille leicht geschwellt erscheint. Neben dem Sehnerven befinden sich distalwärts von der Abschnürung grosse extradural gelegene, mit Endothelien ausgekleidete Lücken.

Katze 5. 12. XII. Links: Abschnürung des Sehnerven. Danach links O = n.

13. XII. Status idem.

14. XII. Auch heute links On. Gefäße nur wenig geschlängelt, aber normal gefüllt. Abschnürung des rechten Sehnerven, danach On. Links Re(S) sehr herabgesetzt. Rechts Re(S) = 0, beiderseits On.

16. XII. Katze wird getötet.

Mikroskopische Untersuchung der Sehnerven auf Horizontalserien. Links: Sehr starke kleinzellige Infiltration des die Abschnürung umgebenden Gewebes, die bis an die Sklera heranreicht und auch in den Perichorioidealraum übergeht. Die Gefäße sind in dieser Partie fast durchweg mit Leukocyten gefüllt, desgleichen finden sich hier zahlreiche mit Serum, teils mit Leukocyten gefüllte Endothelräume (Fig. 3). Die mit Rundzellen reichlich durchsetzten Scheiden liegen dem Sehnerven distalwärts von der Abbildung fast durchweg an und lassen eine dichte Anhäufung von Rundzellen im Subarachnoidealraum erkennen. Da, wo diese Infiltration nicht besteht, sind kleine subarachnoideale Lücken bemerkbar, zwischen denen arachnoideale Balken ausgespannt sind. Der distalwärts von der Abschnürung liegende Axialstrang zeigt eine besonders intensive Zellanhäufung. Die Längs- und Quersepten des Sehnerven bekommen nach der Schnüerstelle zu ein immer mehr verdicktes Aussehen, während die Zellanhäufung hier allmählich abnimmt. An der Abbildung selbst befindet sich ein straffes und relativ zellarmes interstitielles Bindegewebe; ebenso erscheinen hier die Pia und Arachnoidea stark verdickt (Fig. 4). Die Entzündung der Sehnervenscheiden nimmt weiter proximalwärts von der Schnüerstelle immer mehr ab und hört schliesslich ganz auf. Dagegen werden die Scheiden immer lockerer, es macht

sich immer mehr ein subarachnoidealer Hydrops vaginae bemerkbar (Fig 5). Am Canalis opticus besteht wieder vollständiges Anliegen der Scheiden bei gleichzeitig stärkerer Zellinfiltration derselben. Der Sehnerv ist an der Schnüerstelle um die Hälfte verkleinert (Fig. 4). Seine Fasern sind hier völlig zertrümmert. Diesseits und jenseits der Abbindung zahlreiche, meist runde intraneurale Lücken, die teils leer sind, teils einen krümeligen Inhalt haben, mitunter noch die Reste geblähter Nervenfasern erkennen lassen und nicht selten von einem endothelartigen Belag ausgekleidet sind, der als der plattgedrückte Zellleib einer Neurogliazelle aufzufassen ist (Fig. 6). Mit Auftreten des Hydrops vaginae nehmen diese Lücken allmählich ab und hören schliesslich ganz auf. Die Sehnervenfaser werden wieder normal.

Rechts: Der Befund ähnlich wie links. Auch hier sehr starke Zellinfiltration in der Umgebung der Abbindung, stark mit Leukoeyten gefüllte Gefässe und zahlreiche grosse und kleine, mit geronnenem Eiweiss gefüllte extradurale Endothelräume. Anliegen der Scheiden dicht an der Schnüerstelle und am Canalis opticus, verbunden mit stärkerer Zellwucherung, dazwischen Hydrops vaginae mit ziemlich normalem Verhalten der Scheiden; die Infiltration nimmt in demselben Verhältnis ab, je mehr der Hydrops zunimmt. Der Sehnerv zeigt dasselbe Verhalten wie links, zahlreiche Lücken in der Nähe der Schnüerstelle, die nach vorn und hinten allmählich abnehmen. Während links die Scheiden an der Schnüerstelle sehr zellarm und stark verdickt sind, ist rechts starke Zellwucherung zu konstatieren. Die Lamina cribrosa ist normal.

Katze 8. 7. II. Unterbindung des linken Sehnerven: Gefässe verengt. Arterien und Venen teilweise unterbrochen, Netzhaut leicht anämisch.

8. II. Gefässe jetzt weiter wie rechts, auch etwas leicht geschlängelt, Venen kontinuierlich gefüllt. Zinnober-Injektion in den Subarachnoidealraum des Gehirns, Tod nach etwa sechs Stunden.

Mikroskopische Untersuchung. Rechter Sehnerv und Scheiden fast ganz entzündungsfrei, nur dicht hinter dem Sehnerveneintritt zeigen die Scheiden geringe Zellvermehrung neben besonders reichlicher Anhäufung roter Pünktchen, die sonst nur vereinzelt im subvaginalem Räume anzutreffen sind. Dieser wird durch die dünne Arachnoidea mit Ausnahme der distalsten Partie in zwei vom Gehirn zum Optikus verlaufende Spalträume zerlegt, in einen schmalen subduralen und einen etwas breiteren subarachnoidealen Raum, welcher letzterer in der distalen Hälfte durch schmale Arachnoidealbalken unterbrochen wird.

Links: Sehnerv an der Abbindung leicht komprimiert, nur um ein Drittel seines Durchmessers verkleinert, das Gewebe um die Abschnürung stark zellig infiltriert; die Sehnervenscheiden distalwärts von der Abbindung leicht entzündet, liegen dem Sehnerv dicht an. Proximalwärts von derselben sind sie fast ganz entzündungsfrei und zeigen schmale subarachnoideale Spalträume, die zum Teil durch Adhäsionen unterbrochen werden. An diesen Stellen ist die Anhäufung von Zellen etwas stärker, desgleichen die roten Farbpünktchen etwas reichlicher, die sich sonst nur vereinzelt im Scheidenraum des Optikus befinden und bis an die Schnüerstelle heranreichen. Im Sehnerven distalwärts von der Abschnürung vereinzelte intraoptikale leere oder mit krümeligem Inhalt gefüllte Lücken. Lamina ganz wenig nach dem Glaskörper zu konvex (beim rechten Sehnerv ist sie horizontal). Diesseits und

jenseits der Abbildung grosse, zum Teil mit Serum gefüllte extradurale Lücken.

Am Gehirn zeigen die Subarachnoidealräume über dem ganzen Gross- und Kleinhirn, sowie über der Medulla eine gute Rotfärbung, doch handelt es sich nicht um eine dichte Ausfüllung des Arachnoidealraumes, sondern um eine maschenförmige Durchtränkung desselben mit rotem Farbstoff, so dass die Arachnoidea den Eindruck eines filigranartigen Gewebes macht. Desgleichen füllt der rote Farbstoff die Incisuren des Gehirns nicht völlig aus, sondern lässt zahlreiche Teile ungefärbt (Fig. 8). In erster Linie erscheinen die Gefässe immer ungefärbt, während die Gefässmäntel öfters rot eingesäumt sind. An einzelnen Stellen sieht man den Farbstoff dicht an der Pia in die Incisur eintauchen, so dass zwischen den beiden Piarändern der Incisur ein freier nicht gefärbter Raum vorhanden ist. In den vorderen Partien der nicht erweiterten Seitenventrikel finden sich an einzelnen Stellen freie isolierte rote Pünktchen. Der dritte Ventrikel enthält ebenfalls nur wenige feine Pünktchen, dagegen ist der Farbstoff am Foramen Monroi etwas reichlicher vorhanden und haftet hier namentlich an den Plexus chorioidei. Im Aquaeductus Sylvii ist ebenfalls nur wenig Farbstoff, namentlich nach dem dritten Ventrikel zu, vorhanden. In der Nähe des vierten Ventrikels, wo der Aquaeductus etwas weiter wird, enthält er mehr Farbstoff. Der vierte Ventrikel hat in seinem freien Innern gleichfalls nur wenig Farbstoff. Dagegen sind die Plexus chorioidei sowohl am Foramen Magendie als auch an der Apertura lateralis besonders reichlich mit Farbstoff bedeckt.

Katze 9. 14. II. Abbildung des linken Sehnerven: On., Gefässe zwar normal, erscheinen aber etwas mehr gefüllt wie rechts.

15. II. Netzhaut etwas blasser, Arterien leicht verengt, aber kontinuierlich gefüllt, beginnende Keratitis neuroparalytica. Subarachnoideale Zinnoberinjektion. Das Tier stirbt nach 20 Stunden.

Makroskopisch zeigt das Gehirn und Rückenmark an seiner Oberfläche eine gute rote Färbung, links etwas weniger wie rechts; desgleichen erscheinen auf dem Querschnitt die Incisuren gut rot gefärbt.

Mikroskopischer Befund. Rechts: Die Sehnervenscheiden in der Nähe des Gehirns trennen hier deutlich einen subduralen von einem subarachnoidealen Raum, im orbitalen Abschnitt dagegen nur ein einziger subarachnoidealer Raum erkennbar. Die Arachnoidea liegt der Pia auf einer Seite an, auf der andern ist sie von derselben durch einen spaltförmigen Subarachnoidealraum, den feine Arachnoidealbalken durchziehen, abgrenzbar. Der Farbstoff ist in feinen Pünktchen im Subarachnoidealraum bis zur Lamina cribrosa vorhanden, die horizontal ausgespannt erscheint. An den adhärensten Stellen findet sich gewöhnlich der Farbstoff etwas reichlicher, hier auch leichte Zellvermehrung, sonst Sehnervenscheiden intakt. Im extraorbitalen Teil findet sich der Farbstoff in grösseren Massen auch im subduralen Raum, desgleichen sind einige feine rote Partikelchen im Tenonschen Raum, ferner zwischen den Muskeln und vereinzelt sogar an den Processus ciliares und im Fontanaschen Raume sichtbar.

Links: Auch hier im Tenonschen Raume, zwischen den Muskeln, im Fontanaschen Raume und an den Processus ciliares vereinzelte Farbpünktchen vorhanden. Die Sehnervenscheiden lassen distalwärts von der Abschnü-

rung geringe subarachnoideale Spaltbildung erkennen, proximalwärts von derselben nur in den zentralsten Partien geringer Hydrops, sonst Anliegen der fast völlig normalen Scheiden. Bis zur Schnürstelle starke Rotfärbung im subvaginalem Räume, besonders an den adhärennten Partien. Grosse runde, mit Serum gefüllte Endothelräume in der Nähe der Schnürstelle. Optikus wie Scheiden zeigen hier leichte Zellvermehrung, sonst normal; stärkere kleinzellige Infiltration um die Abbindung herum. Lamina cribrosa leicht konkav.

Gehirn: Ausser einer überall deutlichen Rotfärbung sämtlicher Subarachnoidealräume des Grosshirns, Kleinhirns und der Medulla roter Farbstoff in allen Ventrikeln vorhanden. Die subarachnoidealen Räume zeigen keine diffuse, sondern eine filigranartige Ausfüllung durch den roten Farbstoff. Besonders reichlich ist derselbe an der Basis cerebri, an den Vierhügeln und an den Plexus chorioidei ausgebreitet (Fig. 10 und 11). An der Basis umhüllt der Farbstoff in breitem Mantel die Nerven und Gefässe und kleidet auch in feinem rotem Saume die innere Wand der Gefässlumina aus. In Fig. 12, welche einen Teil von Fig. 10 bei stärkerer Vergrösserung wiedergibt, sieht man den Farbstoff aus einer breiten Subarachnoideallücke durch einen feinen Spalt direkt in den Gefässmantel übergehen.

Kaninchen 2. 10. V. Abbildung des linken Sehnerven.

11. V. Conjunctiva stark chemotisch. Papille mässig geschwellt. Rechts: Abbildung dicht hinter dem Auge.

13. V. Links: Die Chemosis hat noch zugenommen. O wie am 11., nur Gefässe noch etwas stärker geschlängelt, Papille und Umgebung leicht prominent. Rechts: Papille nicht sichtbar, Gefässe unterbrochen. Subarachnoideale Zinnoberinjektion. Das Tier anfangs etwas somnolent, drei Stunden später wieder munter.

14. V. Kaninchen völlig munter.

15. V. Heute früh tot (nach der Leichenstarre zu urteilen seit etwa sechs Stunden).

Makroskopisch zeigt sich die Oberfläche und die Basis des Gehirns gleichmässig gut rot gefärbt.

Mikroskopische Untersuchung. Rechts: Abbildung dicht hinter der Sklera; hier sehr starke Zellinfiltration, desgleichen ist die intensiv geschwellte Papille ( $1\frac{1}{2}$  mm) reichlich mit Leukocyten durchsetzt, Excavation erhalten. Die Infiltration der Sehnervenscheiden, die proximalwärts von der Abbildung sehr stark ist, nimmt an Intensität sehr bald ab. Die Scheiden liegen 2 mm proximal von der Abbildung dem Sehnerven dicht an, ohne dass sich hier roter Farbstoff vorfindet. Dann treten subarachnoideale Lücken auf, die weiter proximalwärts immer umfangreicher werden und zwar in demselben Verhältnis, als die Infiltration der Scheiden abnimmt. In den subarachnoidealen Spalten sind rote Pünktchen sichtbar, besonders zahlreich aber in den neben den Spalträumen befindlichen adhärennten Partien, an denen auch die Infiltration der Scheiden und die Wucherung des Arachnoideaendothels stärker ausgesprochen erscheint (Fig. 13).

Links ist der Sehnerv und seine Scheiden an der Schnürstelle sehr stark infiltriert. Scheiden distalwärts von derselben völlig anliegend. Sehnerv im Papillarbereich mässig geschwellt und infiltriert, Excavation zum Teil erhalten. Lamina cribrosa ebenso wie rechts nicht vorhanden. Die Infiltra-

tion des Sehnerven und seiner Scheiden, sowie die Adhäsionen nehmen weiter proximalwärts von der Sehnürstelle sehr stark ab. Der Farbstoff ist in grösseren Massen angehäuft wie rechts, zeigt aber sonst dasselbe Verhalten wie rechts, d. h. unmittelbar hinter der Abbindung in den stark infiltrierten und adhärennten Scheiden ist er gar nicht vorhanden, dann an den auf gleicher Höhe der subarachnoidealen Spalten befindlichen adhärennten Partien ist er besonders reichlich angehäuft; hier ist auch die Zellanhäufung etwas intensiver, während die subarachnoidealen Lücken selbst nur wenig Farbstoff und überhaupt keine Zellvermehrung aufweisen.

Gehirn: Der Farbstoff ist in allen Subarachnoidealräumen sowie in allen Incisuren ausgebreitet, in den Seitenventrikeln, im dritten Ventrikel und im cerebralen Teile des Aquaeductus Sylvii ist die Wand mit feinen Farbstoffpunktschen bedeckt; im spinalen Teil des Aquaeductus Sylvii und in der oberen Hälfte des vierten Ventrikels findet sich eine Eiteransammlung, die stark mit rotem Farbstoff durchsetzt ist, der zum kleineren Teil in den Zellen, zum grösseren Teil zwischen denselben gelegen ist.

Katze 10. Neugeborenes Tier, dem der Farbstoff durch die hintere Fontanelle gespritzt wird. Am nächsten Tag wird dasselbe getötet, der Kopf entkalkt und in eine laufende Serie zerlegt.

Mikroskopische Untersuchung. Der Farbstoff ist nur teilweise in den Subarachnoidealräumen der Konvexität nachzuweisen, füllt dagegen die Basis gleichmässig und reichlich aus, besonders am Optikus, den Oculomotoriuswurzeln und den Gefässen; etwas Farbstoff ist auch in den Subarachnoidealraum des Rückenmarks und in die Ventrikel gedrungen. Die Optikuscheiden an der Gehirnbasis sind dicht über dem Foramen opticum ampullenförmig aufgetrieben und mit rotem Farbstoff dicht ausgefüllt; dieser zieht sich durch das Foramen opticum nur auf einer Hälfte hindurch und füllt dann allmählich in der Orbita den ganzen subvaginalen Raum des Optikus bis zum Sehnerveneintritt aus. An letzterer Stelle ist der Farbstoff besonders reichlich angehäuft. Der Scheidenraum ist hier auf beiden Seiten nach der Sklera zu verjüngt, so dass er ein tulpenförmiges Aussehen gewinnt. Das hier im Scheidenraum liegende Zentralgefäss ist vollständig rot eingesäumt, desgleichen ist etwas Farbstoff in den Anfangsteil des Axialstranges gedrungen, der ein kleines Gefäss enthält (Fig. 14).

Katze 12. 20. I. Links, Sehnervenabbindung: Papille etwas blasser, leicht geschwellt, Conjunctiva wenig chemotisch.

21. I. Links: Re(S) = 0. Papille leicht gelblich weiss, Netzhaut um die Papille 2 bis 3 Papillendurchmesser weisslich getrübt und etwas geschwellt, Excavation noch vorhanden. Die oberen Gefässe mässig verengt. Die unteren Gefässe ausserhalb des Papillargebietes teilweise unterbrochen. Eine halbe Stunde später nach der Aufnahme dieses Befundes ist die Netzhaut in grösserem Umfange um die Papille abgeblasst. Jetzt zeigen auch die oberen Gefässe starke Unterbrechungen; grosse Blutung unterhalb der Papille. Subarachnoideale Zinnoberinjektion. Vier Minuten nach derselben wird das Tier getötet.

Mikroskopische Untersuchung. Der Farbstoff ist in den Seitenventrikeln, aber nur in feinsten Pünktchen sichtbar. Er hat sich hier hauptsächlich an den Wänden niedergeschlagen; noch weniger Farbstoff befindet sich im dritten Ventrikel, im Aquaeductus Sylvii und in der cerebralen



Hälfte des vierten Ventrikels. In der spinalen Hälfte des letzteren dagegen, sowohl am Foramen Magendie, als am Austritt der Plexus chorioidei ist der Farbstoff in grösseren Massen angehäuft (Fig. 15). Auch im Spinalkanal sind vereinzelte rote Pünktchen sichtbar. Die Subarachnoidealräume des Gehirns wie des Rückenmarks erscheinen gut rot gefärbt, desgleichen sind alle Gehirnhnissuren rot eingesäumt; namentlich sind alle Gefässe von roten Scheiden umgeben. Ein Konvolut von Gefässen in der Nähe des Canalis opticus zeigt in der Orbita gleichfalls eine rote Färbung seiner perivaskulären Räume (Fig. 16). Schliesslich findet sich in einer Orbitalarterie ein Embolus aus roten Farbstoffpartikelchen, der von weissen und einigen roten Blutkörperchen eingeschlossen wird (Fig. 17). Die Sehnerven sind beiderseits von roten Scheiden eingefasst, links mehr wie rechts. Links ist der Farbstoff bis zur Schnüerstelle, rechts bis zur Lamina cribrosa gedrungen, die zum grossen Teil horizontal verläuft, zum kleineren eine geringe Konvexität nach dem Glaskörper zu aufweist. Links sind die Scheiden im distalen Abschnitt dem Sehnerven völlig anliegend, sonst beiderseits gut ausgebildete leere Subarachnoidealräume mit zum Teil gespannten Arachnoidealfäden. Links ist die Papille etwas ödematös. Geringe Zellinfiltration der Sehnervenscheiden vor und hinter der Abschnürung, hier auch vereinzelte intraoptikale Lücken und grosse extradurale Spalträume, die teils leer, teils mit geronnenem Serum angefüllt sind. Sehnerv selbst in den proximalen Partien intakt.

Es mag zunächst kurz das physiologische Verhalten der Augen geschildert werden, wie es sich nach der Unterbindung der Sehnerven darbietet. Von Wichtigkeit für die hier vorzugsweise interessierende Frage des subvaginalen Flüssigkeitsstromes ist dabei der ophthalmoskopische Befund. Dieser war besonders dadurch charakterisiert, dass bei der Umschnürung die Netzhautgefässe unterbunden oder freigeblieben waren. In letzterem Falle bot der ophthalmoskopische Befund ein normales oder annähernd normales Aussehen; die mitunter auftretende geringe Gefässveränderung, die in einer leichten Arterienverengung und mässigen Venendilatation bestand und meist nur vorübergehender Natur war, lässt sich unschwer auf die durch den operativen Reiz bedingte leichte Zirkulationsstörung der in der Nähe der Abschnürung gelegenen Gefässe zurückführen. Waren aber die Zentralgefässe bei der Umschnürung mitgetroffen, so zeigten die Gefässe der Netzhaut ein Bild, wie wir es nicht selten bei der Embolie der Arteria centralis anzutreffen pflegen. Die Blutsäule war auf weite Strecken hin unterbrochen, die Netzhaut selbst mehr oder weniger abgeblasst. Diese Unterbrechungen betrafen sowohl die Arterien wie die Venen und beschränkten sich entweder auf eins, mehrere resp. alle Gefässe. In letzterem Falle färbte sich der Augenhintergrund sehr bald völlig weiss, während das Papillenbild verschwand. Die Gefässunterbrechung war in der Regel um so ausgedehnter und umfangreicher, je näher die Abschnürung dem Auge lag.

Um das Verhalten der Gefässe nach der Sehnervenunterbindung zu verstehen, muss man berücksichtigen, dass es bei der Katze schon ausserhalb des Sehnerven zu einer Teilung der Zentralgefässe kommt, die etwa in der Höhe des Axialstranges an die äussere Sehnervenscheide herantreten und auf oder gewöhnlich innerhalb der Scheiden bis zum Sehnerveneintritt verlaufen, um erst am Papillenrand in den Sehnerven selbst einzutreten. Es handelt sich in der Regel um drei grössere Venen- und Arterienpaare, die entsprechend den Endigungen des vertikalen Durchmessers und dem nasalen Endpunkt des horizontalen dicht neben dem Rande auftauchen, während die Makularseite von einem kleinen Gefässchen durchzogen wird. Ein bindegewebiger Axialstrang ist zwar gewöhnlich auch vorhanden, doch ist derselbe entweder ganz gefässfrei, oder er schliesst, was häufiger beobachtet wird, ein bis zwei kleine Gefässchen ein. Dieses Verhalten der Zentralgefässe bei der Katze erklärt es, warum bei der Sehnervenunterbindung, je nachdem die Abschnürung mehr oder weniger nahe dem Auge gelegen ist, alle oder nur vereinzelte Gefässe eine Kontinuitätstrennung aufweisen. Andererseits lässt der Umstand, dass auch die Venen nach der Unterbindung sehr bald das Bild einer Unterbrechung erkennen lassen, vorausgesetzt natürlich, dass Venen und Arterien gleichzeitig unterbunden sind, die Schlussfolgerung zu, dass das Venensystem der Netzhaut in innigem Zusammenhang mit demjenigen der Aderhaut stehen muss, während das arterielle Gefässnetz diese Anastomosenbildung nicht besitzt. Würde es sich bei der Katzenretina um Endvenen etwa in demselben Sinne wie bei der menschlichen Netzhaut handeln, so müsste die Unterbrechung derselben naturgemäss keine Blutleere, sondern gerade im Gegenteil sehr starke Stauung mit reichlichen Blutaustritten zur Folge haben. Umgekehrt würde eine Anastomosenbildung der Netzhautarterien mit den Arterien der Aderhaut nach Unterbindung der ersteren nicht einen Zusammenfall ihrer Wandungen bedingen, sondern sehr bald eine normale Gefässfüllung erkennen lassen.

Die Unterbindung hatte ferner eine totale oder annähernd vollkommene Aufhebung der Lidreflexe auf Berührung des Augapfels und seiner Umgebung zur Folge. Diese Aufhebung der Lidreflexe kann, da der zentrifugale Reflexast des Facialis intakt geblieben war, nur auf eine Schädigung der zentripetalen Quintusfasern zurückgeführt werden, die entweder mitunterbunden, oder bei der Operation verletzt worden waren. Auf eine Schädigung der Ciliarnerven dürfte auch die nach Unterbindung nicht selten auftretende Keratitis neuroparalytica zu beziehen sein.

Der Tonus des Auges war in allen Fällen, in denen er geprüft wurde, wenigstens einige Zeit nach der Operation, dauernd herabgesetzt. Diese Tatsache steht mit den meisten bisherigen Beobachtungen nach Unterbindung des Sehnerven dicht hinter dem Auge in Einklang. Nur Stilling<sup>1)</sup> fand bei seinen darauf bezüglichen Untersuchungen eine intraokulare Drucksteigerung, während im Gegensatz zu ihm Russi<sup>2)</sup>, Marckwort<sup>3)</sup>, Leplat<sup>4)</sup> und Ulrich<sup>5)</sup> den Tonus nach der Unterbindung als herabgesetzt bezeichneten. Stilling führte diese Drucksteigerung auf eine Behinderung des intraokularen Flüssigkeitsstroms durch den hinteren Augenpol zurück. Wenn letztere Annahme auch als zutreffend erachtet werden kann, so wäre schon aus rein theoretischen Gründen eine Drucksteigerung auszuschliessen, da die Flüssigkeitsmenge, welche das Auge von Katzen und Kaninchen durch die Absperrung der retinalen Blutgefässe verliert, wesentlich grösser ist, als das hinzutretende geringe Quantum infolge von intraokularer Flüssigkeitsstauung.

Wir kommen nun zu dem wichtigsten Abschnitt unserer Untersuchungen, den anatomischen Befunden. Hier ist zunächst zu prüfen, inwieweit durch die Unterbindungen Erscheinungen aufgetreten sind, welche auf eine Stauung sich ansammelnder Flüssigkeiten im Scheidenraume des Optikus zurückgeführt werden können. Es steht zu erwarten, dass, wenn ein Flüssigkeitsstrom, sei er auch noch so geringfügig, in den Sehnervenscheiden überhaupt vorhanden ist und durch die Abbindung gehemmt wird, die gestaute Flüssigkeit nach längerer Zeit einen mehr oder weniger deutlichen Hydrops vaginae zur Folge haben muss. Analog den anatomischen Befunden bei menschlicher Stauungspapille wird der Nachweis für einen solchen Hydrops sich aus dem Vorhandensein einer lockeren und gewellten Duralscheide und aus der Ausdehnung des subarachnoidealen Raumes ergeben. Ein Hydrops war nun deutlich nur in einem einzigen Falle erkennbar, und zwar handelte es sich um ein Kaninchen, bei dem die Unterbindung des linken Sehnerven zwei, rechts einen Tag vor der Tötung des Tieres vorgenommen war, ohne dass der ophthalmoskopische Befund beider Augen irgend eine erhebliche Abweichung von der Norm dargeboten hatte (Fig. 2). In einigen andern Fällen liessen sich gleichfalls die Erscheinungen eines geringen Hydrops nachweisen, kenntlich an einer geringen Lockerung der Duralscheide und müssi-

<sup>1)</sup> Loc. cit.      <sup>2)</sup> Inaug.-Dissertation. Bern 1880.

<sup>3)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. X. 1881.

<sup>4)</sup> Annales d'Oculist. Tom. XCVII. 1887.

<sup>5)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. XVII. S. 30. 1887.

gen Ausdehnung der subarachnoidealen Spalträume. Der Hydrops war immer nur proximalwärts von der Abschnürung zu konstatieren, der der Retina zugekehrte Sehnervenabschnitt zeigte fast durchweg ein völliges Anliegen seiner Scheiden. Der Hydrops war ferner immer nur in denjenigen Fällen nachweisbar, in denen der ophthalmoskopische Befund annähernd normal geblieben war, in denen also die Netzhautgefäße nicht mitunterbunden waren.

In dem Verhalten des Hydrops spielte nun die Entzündung des Optikus und seiner Scheiden eine sehr wesentliche Rolle. Entzündungserscheinungen waren in allen Fällen mehr oder weniger vorhanden, doch in den einzelnen Abschnitten des Sehnerven von verschiedener Stärke. Sie gingen aus von der Schnüerstelle, deren Umgebung ständig eine starke Rundzelleninfiltration aufwies, indem sie nach vorn und hinten an Intensität allmählich abnahmen und in der Regel sehr bald ganz aufhörten; nur am Canalis opticus machte sich dann wieder eine stärkere Infiltration bemerkbar. Bei der kurzen Versuchsdauer waren die Entzündungserscheinungen vorzugsweise in einer Zellvermehrung ausgeprägt, zu der sehr bald eine Verdickung des fibrösen Bindegewebes hinzutrat, namentlich wenn das Tier die Unterbindung etwas längere Zeit überlebt hatte. Die Verdickung des Bindegewebes, besonders der Arachnoidealbalken, trat besonders an der Schnüerstelle selbst zutage, die mitunter schon relativ kurze Zeit nach der Unterbindung statt der Zellvermehrung durch Zellarmut ausgezeichnet war (Fig. 4). Es zeigte sich nun der sehr beachtenswerte Umstand, dass überall da, wo die Sehnervenscheiden einen Hydrops erkennen liessen, d. h. wo die Dura bzw. Arachnoidea von der Pia durch Spalt- oder grössere Hohlräume getrennt war, die Sehnervenscheiden wenig oder gar keine Zeichen von Entzündung darboten, während umgekehrt die stark entzündeten Partien eine feste Verklebung der Scheiden untereinander und mit dem Sehnerven und nicht die geringste Spaltbildung aufwiesen (Fig. 3, 5, 7, 13).

Die Entzündung der Scheiden distalwärts von der Abschnürung war in der Regel nur von geringer Intensität. Trotzdem lagen die Scheiden in diesem Abschnitt den Sehnerven fast durchweg an, selbst in den Fällen, in denen die Zellvermehrung nur eine mässige oder gar nicht vorhanden war. Es ist dies um so bemerkenswerter, als ja gerade dieser Teil der Sehnervenscheiden bekanntlich für die Ausbildung des Hydrops vaginae besonders disponiert zu sein pflegt.

Der Sehnerv selbst bot gleichfalls die Zeichen einer interstitiellen Zellvermehrung, die von den Scheiden auf die Randpartien desselben überging und allmählich den ganzen Sehnervenquerschnitt ergriff.

Das Verhalten war ein gleiches wie an den Scheiden, indem die Entzündung weiter proximal von der Abschnürung an Intensität abnahm, um am Canalis opticus wieder stärker in Erscheinung zu treten. Ebenso wie die Scheiden war auch der Sehnerv an der Schnürstelle dadurch ausgezeichnet, dass die Zellvermehrung nach einigen Tagen etwas zurückging und an Stelle dieser eine stärkere Verdickung des interstitiellen Bindegewebes eintrat (Fig. 4).

Ausser diesen interstitiellen waren noch schwere Veränderungen der Sehnervenfasern selbst vorhanden; insbesondere war an der Schnürstelle das Gefüge der Sehnervenfasern meist völlig zertrümmert, so dass an dieser Stelle mitunter überhaupt keine Fasern sichtbar waren. In der Nähe der Schnürstelle zeigten sich dann ferner zahlreiche runde Lücken, die entweder leer oder mit den Überresten gequollener Sehnervenfasern gefüllt waren. Bei stärkerer Vergrößerung sieht man gequollene Markfasern, oder zerfallende Myelinschollen, die mitunter noch in der Mitte den stark aufgequollenen Achsencylinder erkennen lassen (Fig. 6). Diese entstandenen Lücken waren öfters von plattgedrückten Neurogliazellen eingeschlossen, von denen hin und wieder eine beginnende Wucherung in den Hohlraum stattfand. Die Lücken waren, wie schon bemerkt, fast immer nur in der Nähe der Abschnürung nachweisbar, also dort, wo die Scheiden sich mit dem Sehnerven völlig verwachsen zeigten. Es kam hier ein Bild zu stande, das eine gewisse Ähnlichkeit mit der lakunären Sehnervenentartung aufwies. Ferner traten die Lücken an den proximalen Abschnitten in der Regel nur in den Fällen auf, in denen die Abbinndung einen normalen ophthalmologischen Befund, d. h. ein Intaktsein der Retinalgefäße erkennen liess.

Ogleich die Lückenbildung in den distal von der Abschnürung gelegenen Sehnervenabschnitten meist nur eine geringe war, so trat eine Quellung dieser Teile trotzdem deutlich zutage. Sie zeigte sich besonders in denjenigen Fällen, in denen eine mehr oder weniger umfangreiche Abbinndung der Gefäße stattgefunden hatte. Und zwar dokumentierte sich diese Quellung, abgesehen von der Auflockerung der Nervenfasern, in sehr charakteristischer Weise hauptsächlich durch das Verhalten der Lamina cribrosa. Dieselbe hatte ein horizontales oder nach der Netzhaut zu leicht konkaves Aussehen stets da, wo die Quellung nur wenig in Erscheinung trat, sie nahm dagegen einen ausgesprochen konvexen Charakter an in den Fällen, welche eine deutlich seröse Durchtränkung erkennen liessen, also stets da, wo die Abschnürung die Gefäße mitbetroffen hatte (Fig. 1). Die Quellung

war in allen Fällen, in denen sie sich nachweisen liess, auch auf die anliegende Netzhaut übergegangen und hatte so das Bild einer leichten Stauungspapille hervorgerufen.

Die Blutgefässe waren in den Scheiden oder ausserhalb derselben meist stark mit roten Blutkörperchen gefüllt; insbesondere zeigten eine starke Hyperämie die proximal von der Abschnürung gelegenen Sehnervenabschnitte in denjenigen Fällen, die zu Lebzeiten eine Unterbrechung der Gefässe darboten. Es handelte sich hier also um eine Blutstauung, die mehrere Male zu intensiven Blutungen geführt hatte. Auch die entzündeten Partien liessen meist eine starke Füllung der Blutgefässe, und zwar vorzugsweise mit weissen Blutkörperchen, erkennen, die in der Nähe der Schnürstelle fast das ganze Gefässlumen ausfüllten. Ausser den Blutgefässen fielen dann noch grosse Lumina auf, die nur von einem Endothelmantel eingeschlossen, meist leer oder mit krümligen Massen angefüllt waren. Diese Lumina waren unschwer als die Quer- oder Schrägschnitte stark erweiterter Lymphgefässe zu erkennen, die geronnenes Serum enthielten (Fig. 1, 3, 13). Sie fanden sich neben den Blutgefässen meist in der Nähe der Abschnürung, waren also nicht weit vom Auge entfernt; doch auch proximalwärts von der Schnürstelle kamen solche Lücken vor, desgleichen wurden sie nicht selten im stark entzündeten Gewebe angetroffen. Die stark erweiterten Lymphräume distalwärts von der Abschnürung weisen ebenso wie die nach den Sehnervenunterbindungen öfters auftretende Chemosis darauf hin, dass der Lymphabfluss ausserhalb des Auges und des Sehnerven vorzugsweise in der Richtung zum Gehirn stattfindet.

Durch die subarachnoideale Zinnoberinjektion wurde der Befund an den Sehnerven nicht wesentlich verändert. Im allgemeinen ist zunächst die ausserordentliche Leichtigkeit und Schnelligkeit hervorzuheben, mit welcher der Farbstoff bei der Injektion in die Sehnervenscheiden drang und die subarachnoidealen Spalträume mehr oder weniger, namentlich dicht hinter dem Augapfel ausfüllte. So war z. B. bei Katze 12 der Farbstoff schon vier Minuten nach der Einspritzung bis zum Sehnerveneintritt in grösseren Massen im subarachnoidealen Raum nachzuweisen. Fig. 14 zeigt den Sehnerveneintritt des rechten Auges eines Kätzchens, bei dem nach einer linksseitigen Unterbindung, 24 Stunden vor dem Tode, eine Zinnober-einspritzung vorgenommen war. Wir sehen hier, wie der Farbstoff ganz besonders reichlich den Scheidenraum unmittelbar hinter dem Auge angefüllt hat, eine Beobachtung, die sich bei allen Autoren, die subarachnoideale Einspritzungen ausgeführt haben, wiederfindet.

Der Subarachnoidealraum hat in diesem Falle eine nach der Sklera sich verjüngende Form, so dass er eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Kelchglase besitzt. Die Abbildung ist aber auch noch für zwei andere Tatsachen höchst charakteristisch, sie zeigt nämlich, dass der rote Farbstoff aus dem Scheidenraum in den perivaskulären Raum eines hier durchziehenden grösseren Gefässes gedrungen ist und diesen vollständig ausgefüllt hat; sie zeigt ferner, dass vereinzelte Farbstoffpartikelchen in den hier beginnenden Axialstrang eingedrungen waren und sich dicht an das hier befindliche kleine Gefäss angelagert haben.

Überhaupt war nach allen subarachnoidealen Einspritzungen eine auffallende Neigung des Farbstoffs bemerkbar, die perivaskulären Räume anzufüllen. Diese Erscheinung ist vorzugsweise bei den Gehirngefässen zur Beobachtung gekommen, liess sich aber auch bei den Orbitalgefässen nachweisen. Besonders charakteristisch hierfür ist Fig. 16, die ein Gefässkonvolut aus dem hinteren Orbitalabschnitt der Katze 12 wiedergibt und eine reichliche Durchtränkung des die Gefässmäntel umgebenden Gewebes schon vier Minuten nach der Einspritzung erkennen lässt.

Mitunter gelangt bei einer solchen Einspritzung durch Anstechen eines Gefässes ein Teil des Farbstoffs direkt in die Blutbahn und wird dann naturgemäss in kürzester Zeit auch in die peripheren Körperabschnitte geschwemmt. Fig. 17 gibt einen solchen Embolus aus einem Orbitalgefäss wieder, das gleichfalls von der Katze 12 her stammt. Der Farbstoff ist hier zunächst von einer Anzahl roter und dann von einem dichten Kranz weisser Blutkörperchen umgeben. Letztere Tatsache ist von besonderem Interesse, da sie darauf hinweist, wie ausserordentlich schnell ein innerhalb des Gefässes liegender Reiz auf die Ansammlung weisser Blutkörperchen einwirkt.

Dieser Reiz des Farbstoffes auf die Anhäufung von Leukocyten macht sich aber auch in allen Fällen subarachnoidealer Einspritzungen ausserhalb der Blutgefässe bemerkbar. Überall wo der Farbstoff in die subarachnoidealen Räume des Sehnerven gedrungen war, lässt sich eine Vermehrung von Rundzellen erkennen, so dass die adhären-ten Partien des Scheidenraums von roten Farbstoffpunktchen und Leukocyten gleichmässig durchsetzt erscheinen (Fig. 13). Je grösser der Zeitraum ist, welcher nach der Einspritzung verstrichen ist, je zahlreicher ferner die Farbstoffpartikelchen sind, welche den Scheidenraum ausfüllen, um so intensiver auch gewöhnlich die Zellanhäufung. Diese wird bedingt in erster Linie durch kleine Rundzellen, die mit den weissen Blutkörperchen identisch sind, nicht selten aber, nament-

lich wenn das Tier die Einspritzung etwas längere Zeit überlebt hat, durch grössere, schwach gefärbte Zellen, die aus einer Wucherung des Arachnoideaendothels hervorgehen. Fig. 7 zeigt den Sehnerveneintritt des rechten, nicht unterbundenen Sehnerven von Katze 7, bei der 2—3 Tage nach der subarachnoidealen Injektion der Tod eingetreten war. Der Sehnerv besitzt ein durchaus normales Gefüge und lässt nur eine starke Zellanhäufung im Scheidenraume gerade an der Stelle erkennen, an der der sonst nur minimal vorhandene Farbstoff etwas reichlicher deponiert war. Die Wucherung ist hier so stark, dass sie sogar die äussere Duralscheide durchbohrt hat.

Bei der Unterbindung der Sehnerven war der Farbstoff niemals über die Abschnürung hinaus in die Scheiden eingedrungen. Wurde der Farbstoff eingespritzt, nachdem vorher durch die Unterbindung eine intensive Entzündung der Scheiden eingetreten war, so wurden die dicht hinter der Abbindung gelegenen verklebten Partien des Scheidenraums immer frei von Farbstoff gefunden. Die feste Verklebung bildete demnach für das Vordringen des Farbstoffes ein unüberwindliches Hindernis. Dahingegen wurde bei den Einspritzungen nicht selten etwas roter Farbstoff auch ausserhalb der Sehnerven, namentlich zwischen den Muskelbündeln, besonders in den hinteren Schichten derselben, mitunter im Tenonschen Raume und einmal auch in der hinteren Kammer und an den Processus ciliares angetroffen. Ob der Farbstoff in letzterem Falle durch die Blutbahn hingeschwemmt war, was am wahrscheinlichsten ist, mag dahingestellt bleiben.

Die Verbreitung des Farbstoffs im Subarachnoidealraum der nervösen Zentralorgane entsprach den bisher bekannten Ergebnissen. Nach einer gut gelungenen Einspritzung verbreitet sich der Farbstoff gleichmässig über der ganzen Konvexität, bei weniger gelungenen Einspritzungen war er vorzugsweise auf der Injektionsseite zu finden. Immer häufte er sich an der Gehirnbasis besonders reichlich an, und namentlich waren es hier die grossen subarachnoidealen Cysten, welche den Farbstoff in grösseren Quantitäten enthielten. Der Farbstoff drang unterhalb des äusseren Arachnoidealblattes in alle Gehirnincisuren ein, ferner in den Subarachnoidealraum des Rückenmarks, allerdings hier meist nur in geringen Quantitäten, und schliesslich mit Ausnahme eines einzigen Falles, wo aber die Injektion als völlig misslungen zu betrachten war, konnte Zinnober in den Ventrikeln und im Spinalkanal mehr oder weniger festgestellt werden.

Die Eingangspforte für das Vordringen des Farbstoffs bildeten höchst wahrscheinlich die Verbindungskanäle des vierten Ventrikels



mit dem Subarachnoidealraum, also einmal das Foramen Magendie und dann die Aperturæ ventriculi quarti laterales (Fig. 15). Hier war der Farbstoff in der Regel etwas reichlicher zu finden, er hatte sich an der Oberfläche der Plexus chorioidei niedergeschlagen, die so mehr oder weniger von einem roten Saum eingefasst waren. Von hier drang der Farbstoff weiter in den Aquaeductus Sylvii, in den dritten Ventrikel, das Foramen Monroi und die Seitenventrikel vor. Meist deckte er nur als feiner roter Saum die Wände der Ventrikel, insbesondere war das beim Aquaeductus Sylvii und dritten Ventrikel der Fall (Fig. 10 und 11), verhältnismässig selten lag er in freien Massen im Höhleninnern, namentlich der Seiten- und im unteren Teil des vierten Ventrikels. Die grössere Anhäufung von Farbstoff hatte nicht selten neben der Ausdehnung der Ventrikel eine Ansammlung von Leukocyten zur Folge. Ein solches Eiterexsudat, das von zahlreichen roten Pünktchen durchsetzt war, konnte z. B. im stark erweiterten linken Seitenventrikel von Kaninchen 3 konstatiert werden, wo die Tötung des Tieres einen Tag nach der Injektion stattgefunden hatte. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei Kaninchen 2 im Aquaeductus Sylvii.

Quincke<sup>1)</sup> fand nach seinen subarachnoidealen Injektionen nur ausnahmsweise den roten Farbstoff in den Ventrikeln deponiert und glaubte demgemäss, dass der Flüssigkeitsstrom aus den Ventrikeln in den Subarachnoidealraum, d. h. nur zentrifugalwärts stattfindet. Ohne letzterer Auffassung zu widersprechen, zeigt es sich also, dass das Eindringen des roten Farbstoffs nach subarachnoidealen Injektionen in die Ventrikel die Regel bildet. Andererseits aber lässt diese Tatsache nicht die Folgerung zu, einen Flüssigkeitsstrom in umgekehrter centripetaler Richtung anzunehmen, da ja der den Farbstoff in die Ventrikel pressende Druck, wenn er auch nur von geringer Höhe war, den normalen Ventrikeldruck an Intensität übertraf.

Bezüglich der Verbreitung des Farbstoffs im subarachnoidealen Gewebe muss ferner konstatiert werden, dass die Anfüllung niemals eine diffuse, sondern nur eine teilweise war. Der subarachnoideale Raum zeigte stets zahlreiche feine und grosse Lücken, die vollkommen farbstofffrei waren. In der Regel handelte es sich um eine sieb- oder maschenförmige Ausfüllung durch den Farbstoff. Diese Beobachtung deckt sich nicht ganz mit den Resultaten von Axel Key und Retzius<sup>2)</sup>, die stets eine diffuse Anfüllung des subarachnoidealen Raums festgestellt hatten, in der nur die Gefässe und feine durchziehende Binde-

<sup>1)</sup> Loc. cit.

<sup>2)</sup> Loc. cit.

gewebsbalken freigeblichen waren. Wir sehen hingegen auf unsern Abbildungen spaltenförmige oder grössere leere Räume, die mit eben-solchen rotgefärbten Partien wechseln, insbesondere sind die den Gefässen anliegenden Partien nicht immer rotgefärbt, was namentlich bei den Gehirncisuren auffällt. An letzteren sind nicht selten nur die Wände derselben von einer feinen roten Schicht bedeckt, so dass grössere leere Spalträume die Folge sind. Der Unterschied in den Key und Retziusschen Feststellungen und unsern Beobachtungen dürfte, abgesehen von der wesentlich geringeren Farbstoffmenge, durch die Verschiedenheit des Drucks eine Erklärung finden, der in unsern Versuchen nur von geringer, bei Axel Key und Retzius dagegen meist immer ein sehr energischer war.

Die für die Aufnahme besonders disponierten Stellen bilden, wie schon hervorgehoben war, die adventitiellen Scheiden der Gefäss-mäntel, die daher auch fast beständig rot umsäumt erscheinen. Fig. 12 zeigt den Übertritt des roten Farbstoffs aus dem Lakunensystem des Subarachnoidealraumes in den perivaskulären Lymphraum einer grossen Hirnarterie. Der Übertritt findet hier vermittels einer schmalen Lymphspalte statt. Ob der auf diesen Präparaten befindliche Farbstoff innerhalb des Gefässes durch direkte Einspritzung in den Blutkreislauf oder durch Resorption indirekt hingelangt ist, mag dahingestellt bleiben.

Nach Feststellung der durch unsere Untersuchungen erzielten Befunde erhebt sich jetzt die Frage, inwieweit dieselben zu einer Vermehrung der von uns erstrebten tatsächlichen Unterlagen für eine Theorie der Stauungspapille beitragen, und ob dieselben überhaupt geeignet sind, die Pathogenese der Stauungspapille in ein helleres Licht zu rücken. Den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen bildete die Frage nach der Richtung, in welcher die Flüssigkeitsbewegung durch die Optikusscheiden stattfindet. Diese Frage erfährt zunächst dahin eine gewisse Beleuchtung, dass das Flüssigkeitsquantum, welches in den Scheiden cirkuliert, überhaupt nur als sehr geringfügig bezeichnet werden muss. Der Beweis für eine solche Annahme wird in erster Linie dadurch erbracht, dass die Lymphstauung, welche nach Abbindung der Abflusswege an den Sehnervenscheiden in Erscheinung tritt, an und für sich nur einen sehr geringen Grad erreichte. Nur in einem Fall (Kaninchen 1) liess sich aus der Erweiterung des subarachnoidealen Raums und der straffen Spannung der subarachnoidealen Verbindungsstränge eine Flüssigkeitsstauung von grösserer Intensität konstatieren; in anderen Fällen konnte aus

der Fältelung der Dura und Arachnoidealscheide in Verbindung mit einer mässigen Erweiterung des Subarachnoidealraums auf eine leichte Stauung geschlossen werden. In wieder andern Fällen liess die mehr oder weniger grössere Lückenbildung des Subarachnoidealraums es fraglich erscheinen, ob dieselbe auf eine leichte Stauung der serösen Flüssigkeit zurückzuführen oder durch eine Loslösung der Scheiden infolge der Präparation bedingt war.

Ein anderer Grund für den geringen Flüssigkeitswechsel im subvaginalen Scheidenraume des Optikus kann darin gefunden werden, dass es stets bei relativ schwachem Drucke gelang, geringe Flüssigkeitsmengen von der Scheitelhöhe fast unmittelbar in den Subarachnoidealraum des Optikus zu spritzen und diesen bis zum Sehnerveneintritt mehr oder weniger zu füllen. Diese Tatsache spricht gleichfalls zugunsten der Auffassung, dass das Quantum cerebrospinaler Flüssigkeit sowohl im subarachnoidealen Raume des Gehirns, wie namentlich in demjenigen des Nervus opticus nur ein sehr kleines sein kann; im andern Falle hätte der durch die gefärbte Zusatzflüssigkeit vorgetriebene Liquor cerebrospinalis in die peripheren Abschnitte gedrängt werden und komprimiert dem unmittelbaren Eindringen der Farbstofflösung einen Widerstand entgegensetzen müssen.

Die Leichtigkeit aber, mit der die Flüssigkeit gerade in die Sehnervenscheiden drang, muss hier nochmals betont werden; selbst in den Fällen, in denen die Einspritzung in den subarachnoidealen Raum des Gehirns nur unvollkommen gelang, liess sich eine grössere Menge des Farbstoffs im Scheidenraum des Optikus nachweisen. Diese ausgezeichnete Aufnahmefähigkeit des subarachnoidealen Scheidenraumes für feinverteilte Substanzen aus dem cerebralen Subarachnoidealraume bildet in der Pathogenese der Stauungspapille ein Moment von allergrösster Bedeutung.

Die Frage nun, in welcher Richtung die Flüssigkeit im Scheidenraum des Optikus abfliesst, kann auf Grund der vorliegenden anatomischen Befunde gleichfalls mit einer grossen Wahrscheinlichkeit beantwortet werden. Es zeigte sich nämlich, dass die oben angeführten Stauungssymptome in den proximalwärts von der Abschnürung gelegenen Partien des Optikus nur dann auftraten, wenn die Abschnürung die zentralen Gefässe des Optikus freigelassen hatte. Im entgegengesetzten Falle, wenn nach der Beobachtung des ophthalmoskopischen Bildes und späteren Feststellung des anatomischen Befundes die zentralen Netzhautgefässe unterbunden waren, lagen die Scheiden des Optikus diesem mehr oder weniger an, ohne dass dieses Anliegen

durch eine stärkere adhäsive Entzündung eine Erklärung gefunden hätte. Dieses Fehlen von Stauungserscheinungen spricht zu gunsten eines Abströmens der subarachnoidealen Flüssigkeit vom Gehirn zum Auge und zwar in der Höhe des Eintritts der zentralen Gefäße in die Optikusscheiden. Die betreffende Stelle ist ungefähr identisch mit dem Auftreten des axialen Bindegewebsstranges, der allerdings bei Katzen nicht immer vorhanden ist.

Andererseits lässt das Verhalten des Optikus und seiner Scheiden distalwärts von der Schnürstelle die Folgerung zu, dass auch vom Auge nach dem Sehnerven hin eine minimale Flüssigkeitsbewegung existiert, und dass der Abfluss dieser Flüssigkeit am gleichen Orte, also am Eintritt der Gefäße in die Optikusscheiden resp. in der Höhe des Axialstranges stattfindet. Zeichen von Stauung in den peripheren Sehnervenabschnitten, die sich vorzugsweise in einer Lageveränderung der Lamina cribrosa ausdrückte, indem dieselbe aus einer horizontalen in eine nach der Retina zu konvexe Lage überging, waren nämlich deutlich nur dann vorhanden, wenn die Zentralgefäße mitunterbunden waren, während sie im umgekehrten Falle fast ganz fehlten. Da nun nach Unterbindung der Zentralgefäße bei der Katze und dem Kaninchen die distalwärts von der Abschnürung gelegenen Gefässpartien fast ganz blutleer wurden, so durfte gerade in letzterem Falle um so weniger eine Stauung erwartet werden, falls diese nicht durch eine Sistierung des intraokularen Lymphabflusses bedingt war.

Dass ein Abfluss der Glaskörperlymphe durch den hinteren Pol und zwar in der Richtung des Axialstranges stattfindet, wird auch einwandsfrei durch die Versuche von Gifford<sup>1)</sup>, Benôit<sup>2)</sup>, Ulrich<sup>3)</sup>, Deutschmann<sup>4)</sup> und Leber<sup>5)</sup> bewiesen, die nach Tuschinjektionen in den Bulbus die Tusche entlang den Zentralgefäßen durch den Sehnerven verfolgen konnten. Dass ferner gerade die perivaskulären Lymphräume der Zentralgefäße als Abzugskanäle aufzufassen sind, darauf weist auch die leichte Durchtränkung derselben nach subarachnoidealen Zinnoberinjektionen (Fig. 14) hin. Es ist daher im hohen Grade wahrscheinlich, dass sowohl die Cerebrospinallymphe wie die intraokulare Flüssigkeit auf dem genannten Wege aus den subvaginalem Räumen des Optikus abgeführt wird.

<sup>1)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. XVI. 1886.

<sup>2)</sup> IX. internationaler Ophthalmologen-Kongress zu Utrecht. 1899.

<sup>3)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. XX. 1889.

<sup>4)</sup> Über die Ophthalmia migratoria. 1889.

<sup>5)</sup> Loc. cit.

Anderseits traten am Sehnerven selbst in allen Fällen, in denen sich eine Behinderung des Lymphabflusses bemerkbar machte, namentlich in der Nähe der Schnürstelle deutliche Zeichen der Quellung zutage. Die Sehnervenfasern blähten sich, indem sie sich mit Flüssigkeit durchtränkten, und zerfielen in krümlige, sich schlecht färbende Partikelchen, die dann sehr bald resorbiert wurden. Die Folge war das Auftreten runder Lücken, die entweder gequollene oder zerfallene Sehnervenfasern enthielten resp. ganz leer waren. Die sie umgebenden plattgedrückten Neurogliazellen liessen nicht selten gleichfalls erkennen, dass hier ein Druck von der Achse nach der Peripherie stattgefunden hatte.

Es muss aber hervorgehoben werden, dass die Tatsache der Quellung in den Sehnervenfasern nach Abschnürung des Optikus nur mit Vorsicht für eine Behinderung des Flüssigkeitsstromes verwertet werden darf, da die Umschnürung an und für sich, wo sie auch stattfindet, genügen dürfte, ähnliche Zeichen der Destruktion im Sehnerven hervorzurufen. Immerhin gibt der Unterschied in der Intensität der Quellungserscheinungen einen Anhalt, ob eine Sistierung des Lymphabflusses angenommen oder ausgeschlossen werden kann.

So wird durch unsere Versuche der Beweis geliefert, dass ein sehr geringes Abströmen der Hirnlymphe in der Richtung vom Gehirn zum Auge, ferner der intraokularen Flüssigkeit vom Auge zum Gehirn stattfindet, dass diese beiden Lymphströme etwa in der Höhe des Axialstranges zusammentreffen, und dass die perivaskulären Scheiden der Zentralgefäße als Bahn für die Ableitung dienen. Diese Ansicht hatte schon Gifford<sup>1)</sup> auf Grund seiner Versuche ausgesprochen. Ebenso war auch Deutschmann<sup>2)</sup> zu fast demselben Resultate gelangt.

Wir erfahren weiter, dass einer Stauung der subvaginalem Lymphe im Optikus eine Entzündung der Scheiden sehr stark entgegenwirkt. Überall da, wo es zu einer starken Zellvermehrung im subvaginalem Raum gekommen war, verklebten die Scheiden fest miteinander, und nur diejenigen Partien liessen einen mehr oder weniger deutlichen Hydrops sichtbar werden, die von der Entzündung mehr oder weniger freigebieben waren. Die Entzündungserscheinungen wurden in unsern Fällen durch die bei den nicht ganz aseptischen operativen Eingriffen in die Wunde mit eingedrungenen entzündlichen Keime resp. durch die Zinnoberkörnchen hervorgerufen; namentlich kam es stets zu einer

---

<sup>1)</sup> Loc. cit.

<sup>2)</sup> Loc. cit.

intensiven Zellwucherung und Obliteration des Scheidenraumes, wenn die Zinnoberkörnchen in grösseren Massen in den Subarachnoidealraum des Optikus gelangt waren.

Die eben angeführten Tatsachen dürften geeignet erscheinen, das Verständnis für die Entstehung der Stauungspapille nicht unwesentlich zu fördern. Dass eine Erhöhung des Hirndruckes in der Pathogenese der Stauungspapille ein Moment von allergrösster Bedeutung bildet, wird allgemein anerkannt. Immerhin ist die Beobachtung von Wichtigkeit und Interesse, dass ein kleines Flüssigkeitsquantum bei relativ geringer Drucksteigerung von der Scheitelhöhe in kürzester Zeit (4 Minuten) in den Scheidenraum des Optikus bis zu seinem Eintritt in das Auge übertragen wird. Dieser leichte Transport erklärt es, wie selbst kleine Tumoren im stande sind, in verhältnismässig kurzer Zeit das Bild der Stauungspapille hervorzurufen. Dass aber eine intrakranielle Drucksteigerung, wie sie durch Vermehrung des Schädelinhaltes infolge einer Gehirngeschwulst bedingt wird, für das Zustandekommen der Stauungspapille an sich nicht ausreicht, beweisen die zahlreichen Tierversuche, bei denen selbst das Einfügen grosser Fremdkörper resp. grösserer Flüssigkeitsmenge in das Schädelinnere [Adamkiewicz<sup>1)</sup>, Scimemi<sup>2)</sup>, Deutschmann<sup>3)</sup>] nicht im stande war, eine Stauungspapille auszulösen. Es kann dies nicht wundernehmen, da wir aus den Versuchen von Duret<sup>4)</sup>, Schreiber<sup>5)</sup>, Falkenberg und Naunyn<sup>6)</sup> wissen, wie leicht die künstliche Vermehrung des Liquor cerebrospinalis der Resorption anheimfällt, und wie die Resorption zunimmt, je höher der Druck der injizierten Flüssigkeit steigt, so dass jede Drucksteigerung sofort durch Resorption paralysiert wird.

Erst wenn die Drucksteigerung eine relativ sehr hohe und von sehr langer Dauer war, wenn also die Abflusswege höchstwahrscheinlich eine direkte Schädigung erfuhren, gelang es, das Bild der Stauungspapille und auch dann nur meist unvollkommen und vorübergehend in Erscheinung treten zu lassen [Manz<sup>7)</sup>, Schultén<sup>8)</sup>, Merz<sup>9)</sup>]. Mit einer derartig

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. klinische Medizin. Bd. XXVIII. u. Wiener Akad. d. Wissenschaften. 1883.      <sup>2)</sup> Loc. cit.

<sup>3)</sup> Sulla nevrite ottica da tumore cerebrale. Palermo 1888.

<sup>4)</sup> Études expérimentales et cliniques sur les traum. cérébraux. Paris 1878.

<sup>5)</sup> Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. XIV. 1881.

<sup>6)</sup> Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. XXII. 1887.

<sup>7)</sup> Loc. cit.

<sup>8)</sup> v. Langenbecks Arch. f. klin. Chirur. Bd. XXXII. 1885 u. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XXX. 4. 1889.      <sup>9)</sup> Arch. f. Augenheilk. Bd. XLI. 1900.

intensiven Vermehrung des intracerebralen Inhalts kann naturgemäss die geringe cerebrale Vergrösserung, die ein kleiner Hirntumor verursacht, auch nicht annähernd in Vergleich gezogen werden.

Es muss daher bei der Pathogenese der Stauungspapille noch ein anderes Moment hinzutreten, das bei den genannten Versuchen nicht genügend berücksichtigt ist. Dieses Moment besteht in der starken pathologischen Veränderung der Gehirnlymphe, die nur durch den pathologischen Prozess des Gehirntumors bedingt sein kann. Da die so veränderte Lymphe nicht oder nur unvollkommen resorbiert wird, sei es, indem sie die Abflusswege direkt schädigt, oder indem sie dieselben verstopft, so muss es naturgemäss sehr bald zu einer Drucksteigerung kommen, selbst wenn nur geringe Mengen von Liquor produziert werden. Ob es sich um Toxine bestimmter Art handelt, welche vom Gehirntumor herkommen, ob die chemische Veränderung der cerebralen Lymphe, wie sie zurzeit schon bekannt ist, die Ursache für die Nichtresorption bildet, kann dahingestellt bleiben. Jedenfalls muss mit der Tatsache gerechnet werden, dass der Gehirntumor die Lymphe derart verändert, dass ihre Resorption unmöglich ist.

Da nun der Abfluss der Lymphe, welche die Sehnervenscheiden passiert, aus dem Nervus opticus durch die perivaskulären Räume der Zentralgefässe stattfindet, so dürfte sich eine Stockung zuerst am Austritt dieser Gefässe bemerkbar machen. Die dadurch bedingte Erhöhung des im Scheidenraum befindlichen Druckes wird dann ihrerseits dazu beitragen, die hinteren Abflusswege der intraokularen Lymphe noch mehr zu sperren und so eine Stauung im vorderen Sehnervenabschnitt hervorrufen, während die gestaute Flüssigkeit anderseits den Scheidenraum ampullenförmig auftreibt. Eine Verlegung der perivaskulären Abflussbahn wird um so leichter möglich sein, als der Druck in derselben ja gleich Null ist.

So erklärt es sich, dass infolge eines Hirntumors eine Stauung der Papille eintreten kann, ohne dass auch nur eine Spur von Entzündungserscheinungen in derselben sichtbar wird. Derartige entzündungsfreie Papillenschwellungen können naturgemäss nur im Anfang einer Stauungspapille auftreten, werden in der Tat ganz im Beginn einer Stauungspapille klinisch nicht selten beobachtet und sind auch von Liebrecht<sup>1)</sup> und Kampherstein<sup>2)</sup> anatomisch in letzterer

<sup>1)</sup> Bericht der ophthalm. Gesellschaft zu Heidelberg 1902.

<sup>2)</sup> Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. XLII. 1904.

Zeit beschrieben worden. Sehr bald wird aber die *Vis a tergo* die durch die Tumoren produzierten entzündlichen Stoffe in die Perivaskulärscheiden der Zentralgefässe und in den Axialstrang pressen, und diese entzündlichen Stoffe werden die Schwellung durch entzündliche Exsudate, Zellvermehrung, Gefässneubildung und andere entzündliche Erscheinungen noch erhöhen und modifizieren. Wie dann in dem straffen Gewebe der Lamina cribrosa der Druck auf das zarte Papillargewebe und die Gefässe die Stauung in letzteren und die Schwellung des Papillengewebes allmählich vergrössert, ist eine von allen Autoren, die sich mit der Theorie der Stauungspapille beschäftigt haben, anerkannte und genügend berücksichtigte Tatsache.

Es könnte nun der Einwand erhoben werden, der auch in Wirklichkeit erhoben worden ist, dass die Stauung zwar durch Kompression der Zentralgefässe verursacht wird, aber nicht durch Druck auf die perivaskulären Abflussbahnen, sondern durch Behinderung der Blut-cirkulation selbst. Abgesehen davon, dass, wie mehrere Autoren, insbesondere Leber, darauf hingewiesen haben, dass die Lumina der Zentralgefässe in der Regel offen und sehr weit gefunden werden und unter solchen Umständen eine Stauung unmöglich angenommen werden kann, dass ferner ein *Hydrops vaginae* bei Stauungspapille nicht selten vermisst wird, dürften aus einer einigermassen erheblichen Behinderung des Blutabflusses der Vena centralis ganz andere Erscheinungen resultieren. Es steht nämlich zu erwarten, dass ein erschwerter oder aufgehobener Abfluss aus der Vena centralis ein Bild zur Folge haben wird, wie wir es bei der Thrombose der Vena centralis kennen. Auf einer solchen Behinderung des venösen Blutabflusses beruhen demnach allem Anschein auch die seltenen Fälle von Stauungspapille mit umfangreichen Retinalblutungen. Zum Beweise für diese Annahme möchte ich hier kurz einen Fall von Stauungspapille bei Hirntumor anführen, der zu Lebzeiten ausser einer doppelseitigen Stauungspapille beiderseits zahlreiche Blutungen im ganzen Augenhintergrund erkennen liess. Der Fall kam sehr bald nach Ausbruch der Erkrankung zur Sektion; das eine Auge wurde auf Sagittalschnitten untersucht, der Sehnerv des andern in Horizontalschnitte zerlegt.

In Fig. 18 sehen wir eine mässige Stauungspapille mit zahlreichen Netzhautblutungen, in Fig. 19 erkennen wir die Ursache dieser Blutungen. Es zeigt sich nämlich, dass die Vena centralis nicht mit der Arterie zugleich innerhalb des Axialstrangs den Sehnerven durchbricht, sondern zunächst etwa  $90^{\circ}$  von der Arterie entfernt im Gewebe der Arachnoidea liegt, dann sehr bald in den Optikus eindringt und



im distalen Abschnitte dicht neben der Arterie im Axialstrang verläuft. Diese stellenweise Isolierung der Vena centralis im Scheidenraum scheint die Ursache für die starke Kompression gewesen zu sein, welcher die wenig gespannte Venenwand durch die intracerebrale Drucksteigerung unterworfen war. Die Drucksteigerung ist einmal aus dem Hydrops vaginae, dann aus dem völligen Schwinden des Gefässlumens und schliesslich aus der Delle sichtbar, welche das Gefäss in den Optikus gedrückt hat. Der Effekt einer derartigen Kompression musste sich naturgemäss, wie bei der Thrombose der Vena centralis, in diffusen Netzhautblutungen äussern.

Es kann demnach die Auffassung von Deyl<sup>1)</sup>, dass der erhöhte Druck innerhalb des Scheidenraumes gerade auf die Zentralgefässe beim Passieren der letzteren durch die Sehnervenscheiden komprimierend einwirkt, für einzelne Fälle als zutreffend erachtet werden; nur geht diese Auffassung zu weit, wenn sie in allen Fällen von Stauungspapille eine Kompression der Zentralgefässe substituiert, anderseits die Entstehung der Stauungspapille gerade auf diese Ursache zurückführt.

Unsere Untersuchungen weisen darauf hin, dass zum Zustandekommen einer Stauungspapille zwei Faktoren unbedingt notwendig sind, eine Vermehrung des intracerebralen Inhalts und eine entzündliche Veränderung des Liquor cerebrospinalis. Diese Faktoren sind die Ursache für eine intrakranielle Drucksteigerung, eine Stauung im Scheidenraume des Optikus und eine Verlegung der perivaskulären Abflussbahn aus dem hinteren Augenpol. Es handelt sich demnach bei der Pathogenese der Stauungspapille um ein Zusammenwirken der wesentlichen Prinzipien, welche nach den bisher bekannten hauptsächlichsten Theorien, nämlich der Schmidt-Manzschschen Transporttheorie der Leber-Deutschmannschen Entzündungstheorie und der Theorie der Lymphstauung innerhalb des Sehnerven von Parinaud, Ulrich und Liebrecht einzeln für die Entstehung als massgebend erachtet worden sind. Ist daher die Richtigkeit dieser Prinzipien auch anzuerkennen, so muss doch als sehr wesentlich hervorgehoben werden, dass sie nicht einzeln, sondern erst in Gemeinschaft den Zustand einer Stauungspapille hervorzurufen im stande sind.

Inwieweit unsere Auffassung mit den pathologisch-anatomischen Befunden von Stauungspapille in Einklang steht, soll hier nicht weiter untersucht werden. Eine Beurteilung wird hier um so schwieriger

---

<sup>1)</sup> XII. Internationaler Kongress, ophthalm. Sektion.

sein, als die mehr oder weniger starken Entzündungserscheinungen, die nach Auftreten einer Stauungspapille sich sehr bald bemerkbar machen, das Krankheitsbild modifizieren und den Ursprung der Entstehung völlig verwischen werden; doch mag wenigstens darauf hingewiesen werden, dass die bisherigen Befunde, namentlich von Elschnig<sup>1)</sup>, in denen besonders bei starker Entzündung umfangreiche Obliterationen des Scheidenraumes beobachtet sind, dass insbesondere einige frische Fälle von Liebrecht<sup>2)</sup> und Kampherstein<sup>3)</sup>, bei denen die Lymphstauung um so intensiver, je geringer die Entzündung ausgesprochen war, nicht nur unserer Auffassung widersprechen, sondern als Stütze für dieselbe herangezogen werden können.

Auch die sehr auffallende Erscheinung, dass der Prozentsatz an Stauungspapillen beim Hirntumor denjenigen bei den entzündlichen Cerebralerkrankungen wesentlich übersteigt, rückt vielleicht durch die gemachten Ausführungen in eine etwas hellere Beleuchtung. Da bei letzteren Erkrankungen die pathologische Veränderung der Hirnlymphe eine besonders hochgradige ist, so treten auch die entzündlichen Veränderungen an den Sehnervenscheiden bei diesen Krankheiten schon frühzeitig in den Vordergrund, eine Annahme, welche durch die bei der Meningitis nachgewiesene besonders umfangreiche Obliteration des Scheidenraumes gestützt wird (Elschnig). Diese Obliteration wird in erster Linie den Canalis opticus befallen, der für die Entzündung der Scheiden und die Verklebung des subvaginalen Raumes eine hervorragend disponierte Stelle bildet, so dass das weitere Vordringen der entzündlichen Lymphe und somit auch eine Stauung im distalen Scheidenraume wesentlich erschwert wird. Andererseits ist oben gezeigt worden, dass das Auftreten intensiver Entzündungserscheinungen der Entwicklung einer grösseren Stauung an und für sich entgegenwirkt. Es handelt sich hier allerdings zunächst um eine Hypothese; erst weitere pathologische Untersuchungen dürften diesen wie andere nicht genügend geklärte Punkte in der Frage der Stauungspapille einer ausreichenden Klärung entgegenführen.

Zum Schlusse mag noch das Resultat unserer Untersuchungen in einzelnen Sätzen zusammengefasst werden:

1. Im Scheidenraum des Optikus findet nur eine sehr träge Flüssigkeitsbewegung statt.
2. Nach Unterbindung des Sehnerven bei der Katze und beim

---

<sup>1)</sup> v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XLI. 2. S. 179.

<sup>2)</sup> Loc. cit.

<sup>3)</sup> Loc. cit.

Kaninchen kommt es nur dann zu einer leichten Stauung der subvaginialen Lymphe, wenn die Zentralgefäße nicht mit unterbunden waren.

3. Eine leichte Stauung im Sehnervenabschnitt distalwärts von der Abschnürung tritt nur dann ein, wenn die Zentralgefäße unterbunden waren.

4. Demnach findet ein geringes Abströmen der cerebrospinalen Lymphe vom Gehirn durch den Scheidenraum des Optikus, anderseits vom Auge längs des Axialstranges statt. Beide Ströme haben ihren Abfluss aus dem Sehnerven durch die perivaskulären Räume der Zentralgefäße.

5. Eine unter geringem Drucke in Scheitelhöhe ausgeführte subarachnoideale Zinnoberinjektion füllt fast unmittelbar den Scheidenraum des Optikus an und dringt auch in die perivaskulären Räume der hier durchziehenden Zentralgefäße, bzw. in den Anfang des Axialstranges hinein.

6. Einer in den proximalen Sehnervenabschnitten nach der Sehnervenunterbindung auftretenden Stauung, die sich vorzugsweise in dem Auftreten eines Hydrops vaginae dokumentiert, wirken Entzündungserscheinungen an den Sehnervenscheiden sehr intensiv entgegen, so dass bei starker Entzündung sich an Stelle eines Hydrops eine Obliteration des Scheidenraumes einstellt.

7. In die durch adhäsive Entzündung verklebten Partien des Scheidenraumes dringt der Farbstoff nach Injektion in den Subarachnoidealraum des Gehirns nicht ein.

8. Nach subarachnoidealen Zinnoberinjektionen dringt der Farbstoff mit Leichtigkeit in alle Subarachnoidealräume des Gehirns und Rückenmarks ein und füllt diese filigranartig aus. Insbesondere häuft er sich an der Basis und hier besonders rings um die Gefäße und den Optikus an. Desgleichen dringt er fast immer in sämtliche Ventrikel wie in den oberen Teil des Spinalkanals. Als Eingangsportfenster dienen das Foramen Magendie und die Aperturæ laterales ventriculi quarti, an welchen Stellen er hauptsächlich der Oberfläche der Plexus chorioidei folgt.

9. Die Entstehung der Stauungspapille wird durch das Zusammenwirken von drei Faktoren veranlasst, von denen zwei primären, der dritte sekundären Ursprunges ist: der erhöhte intrakranielle Druck und die entzündliche Veränderung der Cerebrospinallymphe bedingen nämlich eine Verstopfung der perivaskulären Lymphbahnen an den Zentralgefäßen und rufen so eine Stauung im Abfluss der intraoku-

laren Flüssigkeit hervor, zu der sehr bald entzündliche Erscheinungen hinzutreten.

10. Dass der erhöhte Druck innerhalb des Scheidenraumes die Stauung nicht durch Kompression der Zentralgefässlumina verursacht, beweisen die seltenen Fälle von Stauungspapille, bei denen die anatomisch als richtig erwiesene Tatsache starke Netzhautblutungen zur Folge gehabt hat.

Dem Kuratorium der Gräfin Bose-Stiftung spreche ich für die materielle Förderung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank aus.

#### Erklärung der Abbildungen auf Tafel XV—XVIII, Fig. 1—19.

- Fig. 1. Sagittalschnitt durch den Sehnerveneintritt einer Katze vier Tage nach Abschnürung desselben bei gleichzeitiger Unterbindung der Zentralgefässe. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 2. Sagittalschnitt durch den Sehnerv eines Kaninchens zwei Tage nach Abschnürung desselben, proximalwärts vom Axialstrang. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 3. Horizontalschnitt durch den Sehnerv einer Katze drei Tage nach der Abschnürung. Die Stelle liegt proximalwärts von der Schnürfurche. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 4. Desgleichen. Die Partie entspricht der Schnürstelle. Okul. 1, Objekt. 4.
- Fig. 5. Horizontalschnitt durch den andern Sehnerven desselben Tieres, einen Tag nach der Unterbindung. Die Stelle ist noch weiter proximalwärts wie in Fig. 3 gelegen. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 6. Starke Vergrößerung einer kleinen Partie des Sehnerven, entsprechend Fig. 3. Okul. 3, Objekt. 7.
- Fig. 7. Rechter Sehnerveneintritt einer Katze vier Tage nach linksseitiger Sehnervenunterbindung und zwei bis drei Tage nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 8. Stärkere Vergrößerung einer Gehirnnarbenstelle von einer Katze sechs Stunden nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 9. Frontalschnitt durch die Mediantile eines Katzenshirns in der Höhe des Foramen Monroi sechs Stunden nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. Lupenvergrößerung.
- Fig. 10. Frontalschnitt durch ein Katzenshirn in der Höhe des dritten Ventrikels 20 Stunden nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. Lupenvergrößerung.
- Fig. 11. Frontalschnitt durch ein Katzenshirn in der Höhe des Aquaeductus Sylvii von demselben Tiere. Lupenvergrößerung.
- Fig. 12. Stärker vergrößerte Partie, entsprechend Fig. 10. Okul. 1, Objekt. 4.
- Fig. 13. Schrägschnitt durch den Nervus opticus eines Kaninchens, distalwärts von der Abschnürung, die fünf Tage vorher stattgefunden hatte, zwei Tage nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 14. Sagittaler Durchschnitt durch den Sehnerveneintritt eines neugeborenen Kätzchens 24 Stunden nach subarachnoidealer Zinnoberinjektion. a Beginn des Axialstranges. Okul. 1, Objekt. 4.
- Fig. 15. Frontalschnitt durch ein Katzenshirn in der Höhe des Foramen Magendie sechs Stunden nach der Zinnoberinjektion. Lupenvergrößerung.
- Fig. 16. Gefässkonvolut aus der Orbita einer Katze vier Minuten nach der subarachnoidealen Zinnoberinspritzung. Okul. 1, Objekt. 4.
- Fig. 17. Orbitalgefäß von demselben Tiere mit einem Farbstoffembolus. Okul. 1, Objekt. 6.
- Fig. 18. Sagittalschnitt durch die Stauungspapille eines Menschen mit Hirntumor. Okul. 1, Objekt. 1.
- Fig. 19. Horizontalschnitt durch den Sehnerven desselben Individuums in der Höhe des Axialstranges. Okul. 1, Objekt. 1.











