

Experimentelle Untersuchungen
über den Einfluss der Circulation in den Netzhaut-
und Aderhautgefässen auf die Ernährung des Auges,
insbesondere der Retina, und über die Folgen der
Sehnervendurchschneidung.

Von

Dr. A. Wagenmann,

Privatdocenten und erstem Assistenten der Universitäts-Augenklinik
zu Heidelberg.

Die Lehre von der Ernährung der Netzhaut, insonderheit die Frage, inwieweit die Netzhautgefässe und in wie weit die Aderhautgefässe darauf von Einfluss sind, ist noch immer in vielen Punkten eine strittige. Zur Beurtheilung des Einflusses der beiden Gefässgebiete hat man bisher vorzugsweise die anatomischen Verhältnisse des Auges herangezogen. Die Thatsache, dass die Netzhaut ein eigenes Gefässnetz besitzt, lässt a priori darauf schliessen, dass dasselbe für die Ernährung der Membran von Bedeutung ist. Andererseits lässt aber die Lage und Ausdehnung der Choriocapillaris vermuthen, dass auch die Aderhautcirculation auf die Ernährung der Netzhaut einen Einfluss hat, zumal aus der vergleichenden Anatomie bekannt ist, dass bei gewissen Thieren ein Netzhautgefässsystem fehlt. Ferner hat man aus pathologischen Beobachtungen einige Anhaltspunkte über diesen Gegenstand zu gewinnen

gesucht; aber auch aus diesen ist man bisher zu keinem beweiskräftigen, unanfechtbaren Resultat gekommen, was zum Theil seinen Grund darin hat, dass das anatomische Material der in Frage kommenden Erkrankungen bislang ein noch zu spärliches ist. So ist z. B. bei der Embolie der Centralarterie der Netzhaut das klinische Bild mit seinen typischen ophthalmoskopischen Veränderungen hinlänglich bekannt, während die anatomische Untersuchung bislang kein endgültiges Urtheil über die Folgezustände der Gefäßverstopfung gestattet.

Weitere Beobachtungen über die Bedeutung der Netzhautcirculation sind in den mannigfach angestellten, experimentellen Sehnervendurchschneidungen bei Thieren enthalten. Auch aus diesen Thierexperimenten ist bisher wenig positives zu entnehmen, da die Resultate zu verschieden waren. Das liegt zum grossen Theil an dem Umstande, dass die Versuche mit einigen Ausnahmen nicht speciell von dem Gesichtspunkt aus unternommen worden sind, die Folgen darzulegen, welche die Unterbrechung der Netzhautcirculation für diese Membran nach sich zieht. Es wurden vielmehr besonders in früherer Zeit die Versuche angestellt, um die Folgen der Sehnervendurchschneidung ophthalmoskopisch und anatomisch zu verfolgen. Die Resultate der Autoren, die die Folgen der Circulationsunterbrechung der Netzhautgefässe bei ihren Versuchen im Auge hatten, differiren in wichtigen Punkten.

Eine Circulationsunterbrechung in der Aderhaut experimentell zu erzeugen und deren Folgezustände zu studiren, ist bisher nicht versucht worden.

Da man beim Thierversuch die Circulation der Retina nicht ohne Durchschneidung oder Unterbindung des Opticus aufheben kann, so muss man die Folgen der Nervendurchschneidung mit in Kauf nehmen. Was man aus den bisher angestellten Sehnervendurchschneidungen in Bezug auf die Folgen der Circulationsunterbrechung in der Netz-

haut und auf die Folgen der einfachen Unterbrechung der Nervenleitung entnehmen kann, ergibt sich aus folgender Zusammenstellung der bisher darüber angestellten Versuche.

Lent¹⁾ extirpirte beim Frosch das Gehirn, um das Verhalten des Opticus und der Retina zu studiren. In Betreff der Veränderungen der Retina erzielte er kein wesentliches Resultat, während der Opticus die gewöhnlichen Degenerationsvorgänge zeigte.

Lehmann²⁾ durchschnitt beim Frosch den Opticus intracraniell, und es gelang ihm, ein Thier 21 Tage am Leben zu erhalten, während die übrigen innerhalb vierzehn Tagen zu Grunde gingen. Sodann berichtet er über einen gelungenen Sehnervendurchschneidungsversuch am Hund, der zwanzig Tage nach der Durchschneidung am Leben erhalten wurde. Bei beiden hat er eine Atrophie der Nervenfasern gefunden.

Rosow³⁾ machte Sehnervendurchschneidungen am Kaninchen und kam zu folgenden Resultaten: Die Durchschneidung des Opticus war ohne destruirende Folgen für das Augé möglich. Die Netzhautcirculation zeigte nach der Durchschneidung keine Unterbrechung, höchstens beobachtete er eine anfängliche Hyperämie, die sich spontan verlor. Weiterhin sah er manchmal ein Blasserwerden der Papille, einmal Verengerung aller Netzhautgefäße, einmal nur der Arterien, im Uebrigen an den Gefässen nichts Abnormes. 24 Stunden nach der Durchschneidung war der ophthalmoskopische Befund in sechs Fällen bis auf geringe Röthung der Papille und geringe Undeutlichkeit der Contouren normal, in einem Fall trat nach zwei Tagen eine

¹⁾ Beiträge zur Regeneration durchschnittener Nerven. Zeitschr. für wissensch. Zool. VII, S. 152. 1856.

²⁾ Experimenta quaedam de nervi optici dissecti ad retinae texturam vi et effectu. Inaug.-Dissert. Dorpat 1857.

³⁾ Sitzungsber. der mathem.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Academie der Wissensch. Wien 1864. XLIX, 1, S. 431.

deutliche Retinitis mit Trübung auf. Anatomisch fanden sich selbst 39 Tage nach der Durchschneidung keine deutlichen Abnormitäten bis auf eine beginnende Atrophie der Markstrahlen. Auch in dem Fall, in dem die Retinitis aufgetreten war, war der anatomische Befund normal. Bei einer Gruppe von Versuchen, bei denen starke Orbitalblutungen aufgetreten waren, kam es zur Panophthalmitis mit Ausgang in Phthisis bulbi.

Später veröffentlichte Rosow¹⁾ noch drei weitere Versuche von Sehnervendurchschneidungen. In dem ersten dieser Fälle war am vierten Tage plötzlich eine starke Verdünnung der Retinalgefäße und eine Trübung der Papillengrenze aufgetreten, während die Papille stärker geröthet war. Die Wunde eiterte. Die beiden übrigen boten an den Gefäßen ausser vorübergehender Hyperämie nichts Abnormes. Ca. nach zwei Monaten machte sich ophthalmoskopisch eine Atrophie der Markstrahlung bemerkbar. Anatomisch wurde eine langsam zunehmende Atrophie der Nervenfasern bemerkt, so dass nach 142 Tagen noch der grössere Theil der Fasern erhalten war, nach 178 Tagen nur noch eine kleine Zahl. Rosow überzeugte sich durch Injection der Gefäße, dass eine Durchschneidung des Opticus ohne Verletzung der Gefäße möglich war.

Kugel²⁾ unterband am Hunde den Nervus opticus dicht an der Eintrittsstelle in den Bulbus. Er fand, dass der Augengrund sofort erblasste und dass die Retinalgefäße nur an den Contouren kenntlich blieben. Nach 20 Minuten füllten sich die Retinalgefäße wieder von der Peripherie her, so dass nach zwei Stunden die normale Gefässfüllung erreicht und nach sechs Stunden deutlich überschritten war, so dass es im weiteren Verlauf zum Austritt von Blut kam. Kugel schloss daraus auf eine periphere collaterale Ver-

¹⁾ Sitzungsber. der mathem.-naturwissensch. Classe der kaiserl. Academie der Wissenschaften. Wien, L, 2.

²⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm., Bd. IX, 3, S. 129—132.

bindung der Aderhaut- und Netzhautgefässe, eine Annahme die jetzt als sicher widerlegt gelten darf.

Sodann durchschnitt W. Krause¹⁾ beim Kaninchen den Sehnerven nach Tenotomie des *Musculus rectus superior* und untersuchte die Augen nach zwei bis fünf Wochen, wobei er eine fettige Entartung der Nervenfasern und der Ganglienzellen constatirte. Da Krause angiebt, dass sich bei der ophthalmoskopischen Untersuchung nichts Abnormes entdecken liess, so ist der Schluss zu ziehen, dass er den *Opticus* nach hinten von dem Gefässeintritt durchschnitt. Auch beim Huhn machte er Sehnervendurchschneidungen.

In vielen Punkten abweichend von den bisher angeführten Befunden waren die Angaben, die Berlin²⁾ auf der Heidelberger Versammlung im Jahre 1871 über Sehnervendurchschneidungen machte, und die ich hier etwas ausführlicher in das Gedächtniss zurückrufen möchte. Berlin wurde durch Beobachtungen von Retinalatrophie nach Abreissen der *Retina* vom *Opticus* in Folge von Verletzungen darauf geführt, experimentell die reine Retinalatrophie nach Sehnervendurchschneidungen zu verfolgen. Er benutzte zu seinen Versuchen Frösche und Kaninchen. Bei Fröschen durchschnitt er mit einem v. Gräfe'schen Messer den *Opticus*, was, wie er selbst angab, nicht anders möglich war, als die *Arteria ophthalmica* mitzudurchtrennen. Er beobachtete eine rasch auftretende Blutleere in den *Capillaren* und kleinen Gefässen der *Hyaloida*, während die grosse Vene gefüllt blieb und vor- und rückwärtslaufende Blutbewegungen zeigte, die mit der In- und Expiration zusammenfielen. Nach zwei bis drei Wochen hatte sich die normale Circulation wiederhergestellt. Der Augenhintergrund nahm am zweiten Tage eine weisse Färbung an, die sich um den

¹⁾ Die *Membrana fenestrata* der *Retina*. Leipzig, 1868.

²⁾ Ueber Sehnervendurchschneidung. Sitzungsber. der ophthalmolog. Gesellschaft zu Heidelberg 1871: *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde* IX, S. 278.

6.—8. Tag bis auf einzelne stark reflectirende Plaques wieder verlor. Anatomisch fand er eine wenige Tage nach der Durchschneidung einsetzende und sich rasch entwickelnde körnige Degeneration der Nervenfasern und Ganglienzellen, an die sich ein Schwund der inneren Netzhautschichten anschloss. Die Netzhauttrübung erklärte er durch die körnige Degeneration, sowie durch Faltungen der Retina und Veränderungen der Stäbchen. In späteren Stadien fand Berlin eine reichliche Pigmenteinwanderung in die atrophische Retina.

Beim Kaninchen stiess Berlin ein v. Gräfe'sches Messer in die Spalte zwischen dem Stirnbein und dem Processus posterior desselben Knochens in die Orbita ein und durchschnitt nach hinten den Opticus. Ein Theil seiner geglückten Durchschneidungen gingen durch neuroparalytische Hornhautentzündung und Cyclitis mit rasch einsetzender Phthisis bulbi zu Grunde. Bei 30 Kaninchen hatte er nur sechs bleibende Erfolge. Nach der Operation trat eine starke Myosis auf, die nach einer Stunde in bleibende Mydriasis überging. Die Papille und die Markflügel blassten sofort ab. Etwa eine Stunde nach der Durchschneidung trat eine meist partielle, die innere Hälfte einnehmende, weissbläuliche Trübung der Retina mit scharfer, senkrechter Abgrenzung auf. Die Trübung nahm ein hirnwindungenähnliches Aussehen an und ging wieder zurück, indem zwischen den Gyri wieder Augenhintergrund von schmutzigem Aussehen zu Tage trat. Der Augenhintergrund bekam eine krenelirte Zeichnung, und es traten Pigmentmassen zum Vorschein. Die Circulation der Retina hatte sich schon nach zwei oder mehreren Tagen wieder vollständig hergestellt. Die Markstrahlen atrophirten nach Zurückgehen der Netzhauttrübung ziemlich schnell und mit ihnen die Gefässe. Zweimal beobachtete er auch eine Netzhautablösung. Ab und zu traten Glaskörperblutungen durch Scleral- und Aderhautverletzungen mit nachfolgender Iridocyclitis auf. Ana-

tomisch constatirte er sieben Stunden nach der Operation eine Faltung und Trübung der Retina mit Auflockerung aller Schichten, die auf Quellung beruhen sollte. Er nannte die Trübung eine cadaveröse Erscheinung *in vivo* und meinte, dass die Durchtrennung der Netzhautgefäße für das Zustandekommen derselben von der allergrössten Bedeutung sei. In zwei Fällen, in denen keine Netzhauttrübung eintrat, nahm er an, dass die Gefäße nicht getroffen wären. Berlin wies auf die Aehnlichkeit dieser Retinaltrübung mit der Trübung bei Embolie der Centralarterie beim Menschen hin, die sich besonders auch auf die Schnelligkeit der Entwicklung bezöge. Eine Erklärung jedoch, weshalb beim Kaninchen nur meist die innere Hälfte getrübt war, hat er nicht finden können, doch glaubte er, dass bei der medialen Schnittführung die medialen Gefässbahnen am Opticusring vollständiger getroffen würden, oder dass die Anastomosen beim Kaninchen lateralwärts günstiger lägen.

Die Retinalatrophie war verschieden hochgradig und zwar dort, wo zugleich Netzhautablösung bestand, am hochgradigsten, sodass Berlin die vollständige Degeneration auf die Ablösung bezog. Am Rand der Ablösung traf er Verwachsungen zwischen Retina und Aderhaut an, vermuthlich als Ausgang eines entzündlichen Processes. Auch hier war die Netzhaut in allen Schichten atrophisch. Im Uebrigen sollte nach seinen Funden die Atrophie hauptsächlich auf die Nervenfasern, Ganglienzellen und die granulirten Schichten beschränkt bleiben. In die atrophische Retina war massenhaft meist klumpiges Pigment eingewandert. Die Aderhaut war bis auf die Verwachsungsstellen intact, das Pigmentepithel entfärbt. Den Umstand, dass er im Gegensatz zu den früheren Beobachtern die genannten anatomischen und ophthalmoskopischen Befunde hatte, führte er auf die Durchschneidung der Arteria centralis retinae zurück. Bei einem Theil des Symptomencomplexes sollte auch die Durchschneidung der Ciliarnerven eine Rolle spielen.

Die Anästhesia corneae, die Hornhauttrübungen und die oft rapide auftretende Phthisis bulbi sollten durch die von der Ciliarnervendurchschneidung abhängige Ernährungsstörung bedingt sein.

Am Frosch hat des Weiteren Krenchel¹⁾ Sehnervendurchschneidungen gemacht und zwar in 22 Fällen nach der Berlin'schen Methode, wobei er dieselben Veränderungen wie dieser fand. Er bezog diese Veränderungen auf die Durchschneidung der Retinal- und Ciliargefäße. Um die Mittdurchschneidung der Gefäße zu vermeiden, hat er dann, wie schon früher Lehmann, den Nerven durch einen intracraniellen Schnitt durchtrennt und selbst nach sechs Monaten keine Veränderung der Retina constatirt, im Gegensatz zu den Lehmann'schen Angaben, der schon nach 20 Tagen die Nervenfaserschicht atrophisch fand. An den durchschnittenen Nerven war nach dieser Zeit die Degeneration erst 1—2 mm von der Durchschnitstelle nach unten gegangen. Auffallend ist, dass die Pupillarreaction erhalten blieb.

Weitere wichtige Mittheilungen über Sehnervendurchschneidungen und Betrachtungen über die Ernährung der Netzhaut stammen von Leber²⁾. Er durchschnitt beim Kaninchen den Sehnerven und fand, dass bei möglichst nahe am Auge ausgeführter Durchschneidung die Centralgefäße mitgetroffen werden können. Er constatirte sofort nach der Durchschneidung eine starke Verengerung der Arterien und Venen und erst nach mehreren Tagen eine Wiederherstellung des Kreislaufs, zunächst in den Venen, dann in den Arterien, wobei anfangs die Blutsäule in einzelne getrennte Stücke zerfallen war, die sich langsam fortbewegten. Dieselben Vorgänge fand Leber nach der Opticusdurchschneidung bei einer Katze, nur dass hier eine aus-

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XX, 1, S. 127. 1874.

²⁾ Die Circulations- und Ernährungsverhältnisse des Auges. Handbuch von Graefe-Sämisch, Bd. II, 1, S. 343.

gedehnte wolkige Netzhauttrübung auftrat, die auf feinkörniger Trübung der nervösen Elemente und Einlagerung von Körnchenzellen beruhte. Hier waren die Ciliarnerven und vermuthlich auch die Ciliargefäße mitgetroffen. Die Unterbrechung der Blutsäule bei Wiederherstellung der Circulation fasste Leber als ein Zeichen äusserster Abschwächung der Circulation auf. Leber sah nach seinen Sehnervendurchschneidungen, auch wenn die Circulation unterbrochen schien, frühestens nach vierzehn Tagen eine beginnende Atrophie der Markstrahlen, in anderen Fällen nicht innerhalb der ersten vier Wochen. Er schloss aus den Berlin'schen Befunden der Netzhauttrübung, schnellen Atrophie und Pigmenteinwanderung, dass der rasche Zerfall der Netzhaut um so eher einträte, je mehr Gefäße am Auge verletzt würden, was ihm für die Mitbetheiligung der Aderhautgefäße an der Ernährung der Netzhaut sprach. Ueberhaupt kam Leber durch diese und andere Momente, besonders durch das Verhalten der Netzhaut bei der Embolie der Centralarterie zu der Auffassung, dass die Aderhautcirculation an der Ernährung der Retina einen Antheil hat, indem er noch auf die Nähe der Choriocapillaris und die Enge der Maschen und andererseits auf ihr Weiterwerden nach vorn und ihr Aufhören an der Ora serrata, sowie auf das Fehlen eigener Netzhautgefäße bei gewissen Thieren hinwies.

Während Leber nur allgemein den Satz aufstellte, dass die Aderhautcirculation an der Ernährung der Netzhaut einen Antheil habe, führte Knies¹⁾ in seiner Arbeit über die Ernährung des Auges hauptsächlich auf klinische Erfahrungen gestützt die Ansicht näher aus, dass die Gefäße der Aderhaut wesentlich für die äusseren Netzhautschichten, Pigmentepithel, Zapfen-, Stäbchenschicht, Limitans externa und wohl auch äussere Körnerschicht, die

¹⁾ Archiv für Augen- und Ohrenheilk., Bd. VII, S. 320. 1878.

Netzhautgefäße für die inneren Schichten, Ganglienzellen und Nervenfasern, die Ernährung besorgten, während die dazwischen liegenden Schichten von beiden gemeinsam versorgt würden.

Dieselbe Ansicht wurde später unter Hinweis auf pathologische Beobachtungen von Schneller¹⁾ ausführlich behandelt und man begegnet jetzt in den verschiedensten Publicationen der Auffassung, dass die Aderhautgefäße für die Ernährung der äusseren Netzhautschichten von Bedeutung seien.

Ferner machte Russi²⁾ 21 Unterbindungen des Opticus beim Kaninchen. An der Cornea erhielt er ausser einer constanten vorübergehenden Insensibilität als Folgen der Ligatur als solcher keine Veränderungen, doch traten in sämtlichen Fällen Hornhauttrübungen auf, die er zum kleineren Theil auf Epithelabschürfungen bezog, zum grösseren Theil auf eitrige Prozesse und auf Mitumschnüren grösserer Gefäße des Auges, sodass die Zahl der ophthalmoskopisch zu verfolgenden Umschnürungen eine kleine war. An der Pupille beobachtete er eine constante starke Verengung, die nach wenigen Stunden zurückging; die Reaction auf Licht blieb stets erhalten. Der Augendruck war nie erhöht, die häufig eintretende Phthisis war Folge von Infection oder von Umschnüren hinterer Augenvenen. Die Befunde an der Netzhaut theilte er in vier Stadien: Stadium hochgradiger Anämie der Papille, der Markstrahlen und der gesamten Retina; Stadium der Stauung der Retinalgefäße mit Oedem der Papille und Markstrahlen, mit Unterbrechung der Blutsäule; Stadium der Papillitis; Stadium der Atrophie mit weisser Verfärbung der Papille und Markstrahlen und mit Schwund der letzteren, mit Verengung der Gefäße und Sichtbarwerden von chorio-retinitischen

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXVI, 1, S. 1.

²⁾ Inaugural-Dissertation, Bern 1880.

Herden und Pigmentveränderungen unter- und oberhalb der Papille. Anatomische Untersuchungen sind nicht gemacht. Ausgedehnte Netzhauttrübung, wie Berlin sie fand, wurde nicht erwähnt.

Weitere Mittheilungen über die Folgezustände der Neurotomia optico-ciliaris stammen von Poncet¹⁾. Er theilte die Folgen der Durchschneidungen bei Thieren in drei Gruppen: 1) Störungen der Circulation, welche sich rasch ausglich, aber zu einer perivascularären Auswanderung von weissen Blutkörperchen an der Limitans interna führten; 2) (vom 8.—30. Tag) Entzündung der durchschnittenen Gefässe, mit Fortsetzung in die Retina, Aderhaut und den Sehnerven; Papillitis, Endarteriitis, bindegewebige Neubildung im Glaskörper am Boden der Papille und entlang den Gefässen; 3) (nach 18 Monaten) Sclerose der Retina mit Pigmentdurchsetzung, hämorrhagischer und chorioiditischer Natur; Pigmentklumpen im Glaskörper. Bei Durchschneidungen dicht am Auge beobachtete er eine rasche Degeneration der Retina und Aderhaut am hinteren Augenpol und führte sie zurück auf eine zu nahe Durchschneidung der Arterien am Auge. Beim Menschen führte die Durchschneidung zu Phthisis bulbi.

Um dieselbe Zeit hat Redard²⁾ Beobachtungen über Durchschneidungen bei Thieren bekannt gegeben. Bei gleichzeitiger Durchschneidung der Ciliarnerven und des Sehnerven trat manchmal Phthisis bulbi durch Verschwärung der Hornhaut ein, sonst leichte Trübung des Glaskörpers, um die atrophische Papille hämorrhagische Pigmentflecke und in der Aderhaut atrophische Plaques.

Sodann hat Marckwort³⁾ experimentelle Studien über

¹⁾ Gaz. méd. de Paris 1882, Nr. 52.

²⁾ Recherches expérimentales sur les suites éloignées de la section des nerfs ciliares et du nerf optique. Recueil d'Ophth. 1880, S. 718. Im Referat zugänglich in Nagels Jahresbericht 1880, S. 192.

³⁾ Archiv für Augenheilkunde, Bd. X, 1881.

Läsionen des Nervus opticus veröffentlicht. Er operirte an Hunden und machte nach verschiedenen Richtungen hin Versuche. Nach Durchschneidung sämmtlicher Verbindungen des Auges mit Ausnahme des Opticus comprimirte er den letzteren dicht am Auge und beobachtete dabei stets eine rasch auftretende Trübung der Papille, die sich hauptsächlich den Gefässen entlang in die Netzhaut fortsetzte. Dieselbe verschwand wieder beim Nachlassen der Compression; nur bei raschem Aufhören derselben traten Blutungen auf. Als Ursache der Trübung fand er eine seröse Durchtränkung der Membran. Dass bei der Enucleation keine Trübung der Netzhaut aufträte, erklärte er durch den Abfluss des Blutes aus den Gefässen. Ferner unterband und durchschnitt er den Opticus dicht am Auge. Das Verhalten der Gefässe differirte etwas bei den beiden Methoden. Bei der ersteren riss die Blutsäule ab und nahm bald ein perlschnurartiges Aussehen an, bei der letzteren verengten sich die Gefässe stark, zerfielen aber nicht perlschnurartig. In beiden Fällen beobachtete er ausgedehnte, zum Theil als gyriform bezeichnete Netzhauttrübung und später chorio-retinitische Veränderungen mit Pigmenteinwanderung in die Retina, aber weniger hochgradig als Berlin und Russi. Er führte diese Pigmentveränderungen auf die geringere Mitverletzung von Ciliargefässen zurück und vermuthete deshalb, dass die reine Durchschneidung des Opticus sammt Centralgefässen keine Pigmenteinwanderung bedinge, wie auch bei der Embolie der Centralarterie keine solche beobachtet würde. Anatomisch fand er in dem ersten Stadium eine seröse Durchtränkung der Retina, schon nach vierzehn Tagen ausgesprochene Atrophie der Netzhaut mit Pigmenteinwanderung in dieselbe und nach 110 Tagen vollständige bindegewebige Atrophie mit Verwachsungen der Retina und Aderhaut. Bei Durchschneidungen des Opticus ohne Centralgefässe konnte Marckwort anatomisch an der Retina nach 39 Tagen noch keine Veränderungen und nach

117 Tagen eine deutliche Atrophie der nervösen Theile constatiren. Bei Durchschneidungen des Opticus am Foramen opticum war nach 76 Tagen an der Netzhaut noch nichts zu finden. Bei Durchschneidung der Sehnervenscheide sammt den eintretenden Centralgefäßen, aber mit Schonung des Nerven selbst, beobachtete er eine nach 20 Minuten auftretende, ausgedehnte Netzhauttrübung, die mehrere Tage anhielt, bis das Auge an Panophthalmitis zu Grunde ging.

In neuerer Zeit hat noch Hamburger¹⁾ intracranielle Durchschneidungen des Sehnerven beim Frosch ähnlich wie Krenchel gemacht, um den Einfluss der Belichtung auf die Bewegungen des Pigmentes und der Kegel zu beobachten. Er nahm Licht- und Dunkelfrösche und fand, dass die Pigmentzellen in ihrem Verhalten nach der Sehnervendurchschneidung keine Abweichungen vom normalen Verhalten zeigten, was ihn zu dem Schluss führte, dass die Pigmentzellen, die im Leben unter dem Einfluss des Nerven ständen, Elementarorganismen wären, die dem Nerveneinfluss entzogen, noch lange Zeit reizbar blieben. An der Retina hat er selbst nach Monaten keine pathologischen Veränderungen gefunden, was mit den Krenchel'schen intracraniellen Durchschneidungen übereinstimmt.

Auch aus anderen Gesichtspunkten wurden Umschnürungen des Sehnerven gemacht, so zur Entscheidung gewisser Fragen aus der Glaucomlehre. Nach Stilling's²⁾ Angaben, die sich auf Umschnürungen am Kaninchen gründen, sollen durch dieses Verfahren die hinteren Abfluswege des Auges verlegt und Drucksteigerung erzeugt werden, was freilich von Anderen nicht bestätigt ist, wie von

¹⁾ Doorsnijding van den nervus opticus bij kikvorschen, in verband met de beweging van pigment en kegels in het netvlies onder den invloed van licht en duister. Onderzoekingen, gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche hoogeschool. 1889. XI. Festbundel Donders Jubiléum Amsterdam 1888.

²⁾ Bericht der ophthalmol. Gesellschaft zu Heidelberg 1877.

Russi¹⁾, Schöler²⁾ und Ulrich³⁾. Der letztere verfolgte bei seinen an Hunden ausgeführten Versuchen auch noch den Zweck, die nach Umschnürungen auftretenden Veränderungen an der Papille mit denen der sogenannten Stauungspapille zu vergleichen. Er beobachtete die Thiere ein bis drei Tage und fand ophthalmoskopisch momentanes Erblassen der Papille und am nächsten Tage eine Trübung der Papille und der anstossenden Netzhaut. Anatomisch constatirte er nach 24—48 Stunden an der Ligaturstelle einen Schwund des Nervenmarks und eine Faltung, Auflockerung und geringe Exsudation der anstossenden Netzhautparthie. Stilling und Schöler gingen auf die ophthalmoskopischen und anatomischen Veränderungen nicht näher ein, nur erwähnte Schöler, dass nach dem Brennen der Sehnervenscheide eine Neuritis mit Engerwerden der Arterien und Weiterwerden der Venen aufgetreten sei.

Wie man aus dieser Literaturzusammenstellung sieht, bestehen ziemlich bedeutende Differenzen in dem, was die verschiedenen Beobachter nach Sehnervendurchschneidungen beobachtet haben. Darin stimmen fast alle Versuche überein, dass die einfache Durchschneidung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Centralgefässe der Netzhaut eine ganz allmählich erfolgende Atrophie der nervösen Elemente der Retina im Gefolge hat. Aber über die Folgen der Sehnervendurchschneidung peripherisch vom Eintritt der Centralgefässe der Netzhaut gehen die Resultate in ophthalmoskopischer und anatomischer Beziehung auseinander, und damit ist auch gegeben, dass experimentell noch wenig sicheres über den Einfluss der Circulation in den verschiedenen Gefässgebieten auf die Ernährung der Retina beigebracht ist.

¹⁾ l. c.

²⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXVI, 4, S. 63.

³⁾ Archiv für Augenheilkunde XVII, 4, S. 49.

Schon bei dem ophthalmoskopischen Bild differiren die Angaben, indem z. B. Leber nach Sehnervendurchschneidungen beim Kaninchen, bei denen nach dem Befund geschlossen werden konnte, dass die Netzhautarterie mitgetroffen war, keine constante Netzhauttrübung beobachtete, während andererseits Berlin constant ausgedehnte, meist die innere Netzhauthälfte betreffende, gyriforme Netzhauttrübung fand. Auch Marckwort constatirte diese Netzhauttrübung, wenn auch in geringerem Maasse bei Hunden auch dann, wenn er glaubte, von Ciliararterien nur einige wenige mit durchschnitten zu haben. Es ist diese Angabe Berlin's, dass die Durchschneidung des Opticus sammt Centralgefässen beim Kaninchen diffuse Netzhauttrübung bedinge, in die neueren Lehrbücher aufgenommen und vielfach direct auf den Menschen übertragen worden.

Weitere Differenzen bestehen über die Zeit, nach der eine ophthalmoskopisch deutliche Atrophie der Markstrahlen beim Kaninchen Platz greift. Auch die Frage, ob durch einfache Durchschneidung des Nerven sammt Centralgefässen eine Pigmenteinwanderung in die Netzhaut bedingt werde, was z. B. aus den Berlin'schen Angaben hervorzugehen scheint, ist noch nicht entschieden.

Sodann stimmen auch die Angaben über die anatomischen Veränderungen nicht überein. Marckwort fand bei Hunden schon vierzehn Tage nach Umschnürung des Opticus dicht am Auge einen hochgradigen Zerfall der Netzhaut, 110 Tage nach einer Durchschneidung eine totale Atrophie der Membran, während Berlin beim Kaninchen ausser hochgradiger partieller Atrophie, die er auf Netzhautablösung und chorio-retinische Processe zurückführte, nur eine Atrophie der inneren Schichten mit Erhaltung der Stäbchen und Zapfen feststellen konnte.

Für den Menschen hat sich andererseits die hauptsächlich auf allgemeinere Deductionen und klinisch-pathologische Erfahrungen gestützte, von Leber zuerst ausgeführte An-

sicht allgemeinere Geltung verschafft, dass die Aderhaut für die Ernährung der Retina eine Rolle spielt, womit aber wieder ein Theil der Beobachtungen nach Sehnervendurchschneidung bei Thieren scheinbar nicht übereinstimmt.

Kurz man sieht, dass dieser Gegenstand noch manche strittige Punkte enthält, welche der experimentellen Aufklärung bedürfen.

Bei den meisten bisherigen Durchschneidungen hat man zu wenig Bedacht darauf genommen, sich über den Umfang der bewirkten Circulationsstörung genaue Rechenschaft zu geben, was allein durch Injection der Blutgefäße geschehen kann. Da diese in den meisten Versuchen unterlassen ist, so fehlt ihnen bei aller Richtigkeit der Beobachtung die nothwendige Controle und Beweiskraft, da man dabei nie weiss, worin der Eingriff eigentlich bestanden hat.

Ich habe schon vor mehreren Jahren die Versuche über Sehnervendurchschneidungen aufgenommen, wobei ich es mir zur Regel machte, die Augen am frisch getödteten Thier von der Carotis aus zu injiciren. Ich stellte damals hauptsächlich an Kaninchen und auch an Hunden Versuche an, kam aber anfangs zu keinen übereinstimmenden Resultaten. Abgesehen davon, dass es beim Kaninchen oft gar nicht gelang, die Arteria centralis retinae mit zu durchschneiden, da sie sehr dicht am Auge in den Nerven eintritt, war auch der Erfolg in den gelungenen Fällen verschieden. Bald fand ich dabei Retinaltrübung mit nachfolgenden Pigmentveränderungen, bald nicht. Auch fand ich einmal Retinaltrübung, wo ich nach dem anfänglichen Befund schliessen konnte, die Centralgefäße der Retina nicht mitgetroffen zu haben. Die Injection ergab das Resultat, dass überall dort, wo Retinaltrübung bestand, die Aderhaut entweder gar nicht oder nur sehr unvollkommen injicirt war.

Durch andere Arbeiten wurde ich dann von den Versuchen abgezogen und habe dieselben erst kürzlich wieder

aufnehmen können, aber ihren Abschluss durch meine Uebersiedelung nach Heidelberg beschleunigen müssen. Ich habe jetzt die Versuche ausschliesslich am Kaninchen angestellt; bei Hunden ist es, wie ich mich überzeugt habe, doch sehr schwer, eine isolirte, reine Durchschneidung des Opticus auszuführen, ohne Gefässe in der Orbita und in der Nähe des Auges zu verletzen, wenn man auch nach der Marckwort'schen Methode vorgeht. Es schien mir aber schon eine recht lohnende Aufgabe, erst einmal an dem bisher am meisten zu diesen Versuchen benutzten Thier den fraglichen Momenten nachzugehen. Inwieweit man die beim Kaninchen gewonnenen Resultate auf den Menschen übertragen darf, ist eine Frage für sich, die nur mit grosser Vorsicht zu beantworten ist, da bekanntlich ein wichtiger Differenzpunkt darin besteht, dass die Retina des Kaninchens nur soweit die markhaltigen Nervenfasern reichen, Blutgefässe besitzt.

Gestützt auf meine früheren Erfahrungen habe ich es jetzt für zweckmässig gehalten, von der Aderhaut auszugehen und durch Versuche an Thieren die Folgen, welche eine isolirte Circulationsstörung in der Aderhaut für die Retina und das übrige Auge hat, ophthalmoskopisch und anatomisch zu erforschen. Bevor ich jedoch zu den Versuchen übergehe, muss ich noch einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Ich sagte schon, dass ich zur Controle die Augen stets injicirte. Ich benutzte dazu als Injectionsflüssigkeit eine einhalbprocentige Lösung von dem käuflichen, löslichen Berlinerblau. Ich tödtete die Thiere mit Chloroform und injicirte sofort nach dem Eintritt des Todes die Gefässe von der Carotis communis aus mit der genannten Lösung, die ich vor dem Injiciren anwärmte, um eine Gefässcontraction durch die kalte Lösung zu vermeiden. Da mir diese Art der Injection vollständig genügte, so nahm ich von anderen Injectionsflüssigkeiten Abstand, nur habe ich mit Vortheil einige Male, um Arterien und

Venen zu trennen, in die Arterien eine dicke Zinnoberaufschwemmung nachgespritzt.

Das ophthalmoskopische Bild des Kaninchenauges, das durch die Ausstrahlung der markhaltigen Nervenfasern und das Beschränktsein der Netzhautgefäße auf diese Markflügel eine Besonderheit darbietet, kann ich als allgemein bekannt voraussetzen.

Des Weiteren muss ich noch einige Bemerkungen über den Verlauf der Gefäße des Kaninchenauges machen. Ich habe die Gefäße wiederholt an injicirten normalen Kaninchenaugen präparirt und untersucht und kann im Wesentlichen die schon früher bekannten und besonders durch eine Arbeit von Hans Virchow¹⁾ dargelegten Befunde bestätigen.

Das Kaninchen besitzt auf jeder Seite zwei *Arteriae ophthalmicae*, die eine aus der *Carotis interna*, die andere aus der *Arteria maxillaris interna*. Die erstere, die *Art. ophthalm. interna*, tritt nach ihrem Abgang aus der *Carotis* zusammen mit dem *Opticus* an seiner äusseren unteren Seite durch das *Foramen opticum*, kreuzt in der *Orbita* den *Sehnerven* und läuft an seiner inneren Seite nach vorn. Die letztere, die *Art. ophthalm. externa*, tritt am inneren Rand des *Musculus temporalis* in die Höhe und theilt sich in zwei ziemlich gleich starke Aeste, von denen der vordere als *Ciliaris longa lateralis* nach aussen unten vom *Opticus* nach vorn läuft und der hintere über den *Opticus* hinlaufend einen Verbindungsast mit der *Arteria ophthalmica interna* bildet, der sich an der Bildung der kurzen hinteren *Ciliararterien* und der langen *Ciliaris nasalis* theiligt. Die *Arteria ophthalmica interna* hat sich nämlich vorher in zwei Aeste getheilt, von denen der mediale innen unten vom *Opticus* nach vorn läuft und mit dem genannten Ast aus der *Arteria ophthalmica externa* die *Arteria*

¹⁾ Verhandlungen der phys.-medic. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XVI. 1881.

ciliaris longa medialis darstellt, während der laterale Ast unterhalb des Opticus denselben Weg nimmt und sich in mehrere zarte Zweige auflöst, die unterhalb des Foramen sclerae als Arteriae ciliares breves posteriores in das Auge eintreten. Einer dieser Aeste jedoch geht als die Arteria centralis retinae an der inneren unteren Seite des Nerven nach vorn, um ganz dicht am Bulbus von unten her in den Nerven einzutreten. Sie tritt so hart am Bulbus in den Nerven ein, dass bei pigmentirten Thieren, bei denen sich das Aderhautpigment auf die Opticusscheide eine Strecke weit fortsetzt, ihre Scheide pigmentirt ist.

Die beiden Arteriae ciliares longae, die längeren Endäste der beiden Arteriae ophthalmicae, von denen wie erwähnt die mediale durch die Anastomose der äusseren verstärkt ist, begleiten zu beiden Seiten den Opticus an seiner Unterseite und behalten die Richtung bei, bis sie etwa in der Horizontallinie die Sclera erreichen und schräg durchsetzen. Der Opticus entfernt sich dicht vor dem Bulbus von den in der Horizontalebene des Auges gelegenen Arteriae ciliares longae, indem er eine Knickung nach oben erfährt, um das oberhalb der Horizontalebene gelegene Foramen sclerae zu erreichen. In dem zwischen der Eintrittsstelle der Arteriae ciliares longae und dem Foramen sclerae gebildeten Dreieck treten die Arteriae ciliares breves posteriores, die von den beiden Arteriae ophthalmicae stammen, ein.

Die beiden langen Ciliararterien laufen nach ihrem schrägen Durchtritt durch die Sclera in der Aderhaut nach vorn, um den Ciliarkörper und die Iris zu versorgen, nachdem sie auf ihrem Weg und zwar hauptsächlich schon vor ihrem Eintritt in die Sclera mehrere kurze und längere Aeste abgegeben haben, die die Aderhaut mit versorgen. Die Aderhaut wird also ernährt 1) von einer Anzahl kurzer hinterer Ciliararterien, die unterhalb des Sehnerven zwischen den beiden langen Ciliararterien eintreten und

den entsprechenden verticalen Streifen versorgen, wobei die nach oben tretenden Aeste durch den Opticuseintritt veranlasst von dem gestreckten Verlauf abweichen und das Loch des Nerven, dem sie dicht anliegen, umkreisend die Mittellinie erreichen; 2) von Aesten der Arteriae ciliares longae, die das laterale und mediale Drittel der Aderhaut versorgen.

Die venösen Gefässe sammeln sich bekanntlich beim Kaninchen in vier Venae vorticosae, zwei oben, zwei unten, die auch das Blut aus der Iris grösstentheils abführen.

Was die Gefässe der Retina angeht, so tritt die Arterie, wie erwähnt, von unten her ganz dicht am Foramen sclerae in den Opticus ein, läuft schräg durch den Opticus nach vorn und tritt meist oberhalb der Mittellinie des Nerven auf der Papille aus, vorher einzelne stärkere und feinere Aeste in den Nerven abgebend, die theils im Nerven bleiben, theils in die Retina mit übertreten. Die Arterie theilt sich meist auf dem Grund der Papille in zwei seitliche Hauptäste. Die Netzhaut hat nur im Bereich der Markstrahlung Gefässe. Die Venen sammeln sich nicht zu einem neben der Arterie austretenden gemeinsamen Centralgefäss, sondern die Venen je eines Markflügels treten dicht um den Papillenrand nach aussen und verlassen getrennt das Auge.

Nur am Papillenrand bestehen capillare Anastomosen zwischen Aderhaut- und Netzhautgefässen.

I.

Durchschneidung eines Theiles der Ciliargefässe.

Meine früheren Versuche, bei denen ich, um den Sehnerv sammt zuführender Arteria centralis retinae sicher zu durchschneiden, ausgedehntere Schnitte in das Orbitalgewebe machte, hatten mir gezeigt, dass eine zu erhebliche Zerstörung der Ciliargefässe tiefe Ernährungsstörungen des

ganzen Bulbus herbeiführt, was auch schon von den früheren Beobachtern als acut eintretende Phthisis bulbi beobachtet, aber zum Theil nicht richtig erklärt war. Ich begnügte mich daher in einer Reihe von Versuchen damit, Durchschneidungen eines Theiles der Ciliargefäße vorzunehmen, um den Einfluss der Circulationsunterbrechung in der Aderhaut auf die Retina zu studiren. Ich durchschnitt deshalb nur eine der beiden langen Ciliararterien mit oder ohne einzelne der kurzen hinteren oder ein andermal nur die kurzen hinteren Ciliararterien. Als beste Methode, um eine der langen Ciliararterien zu durchschneiden, stellte sich folgende heraus. Nachdem das Auge durch Cocain anästhetisch gemacht war, luxirte ich dasselbe, was ja bei Kaninchen sehr leicht gelingt. Jetzt schimmerte schon das vordere, die Sclera schräg durchziehende Ende der langen Ciliararterie durch. An der entsprechenden Stelle incidirte ich über dem Gefäß die Conjunctiva, tenotomirte, soweit es nöthig war, den betreffenden geraden Muskel und arbeitete mich stumpf in die Tiefe. Es war auch oft von Vortheil, den Bulbus auf den v. Welz'schen Enucleationslöffel zu nehmen und nach vorn zu ziehen. Man bekam dann bald die betreffende Arterie vor ihrem Eintritt in die Sclera frei zu Gesicht, sodass sie ohne Weiteres mit einer gebogenen Scheere durchtrennt werden konnte. Zuweilen nahm ich sie auch erst auf ein gebogenes Häkchen und durchschnitt sie dann. Wollte ich noch einige der benachbarten kurzen hinteren Ciliararterien mit durchtrennen, so führte ich die Scheere auf der Sclera entlang und durchschnitt mit kurzen Schlägen die hier eintretenden feinen Aeste. Viel unsicherer war die Methode, die ich anfangs auch anwendete, dass ich nämlich von oben her, nach Tenotomie des Rectus superior, den Opticus freilegte, eine Scheere am Nerven vorbei in die Orbita einführte und nun auf die betreffende, etwas seitlich und unterhalb des Nerven an den Bulbus herantretende Ciliaris longa einschchnitt. Es gelang

so ziemlich sicher, die Arterie zu treffen, aber man durchschnitt auch stets die betreffende Vena vorticiosa mit. Handelte es sich um die Durchtrennung der kurzen hinteren Ciliararterien, so tenotomirte ich den Rectus inferior, schlang durch das periphere Muskelende einen Faden und wälzte den Bulbus möglichst nach oben; oder ich nahm den Bulbus auf den v. Welz'schen Löffel und zog ihn stark nach vorn und oben. Ich konnte dann mit einer Scheere auf der freiliegenden Sclera hinschneidend die kleinen Stämmchen durchtrennen, wobei ich bis dicht an den Opticus heranging, diesen selbst natürlich wie bei all diesen Operationen sorgsam vermeidend. Auch bei diesen Durchschneidungen liess es sich nicht immer vermeiden, eine der Vortexvenen mit zu verletzen.

Es entstand nach der Durchschneidung der genannten Gefässe stets eine mehr oder weniger starke Blutung, die meist durch Compression mit den geschlossenen Lidern bald stand. Die Vortreibung des Bulbus war dem entsprechend meist keine sehr erhebliche und ging innerhalb weniger Tage zurück. War ein Muskel durchschnitten, so wich das Auge nach der entgegengesetzten Seite ab. War die Protrusion durch die Blutung ins Orbitalgewebe so erheblich, dass der Lidschluss mangelhaft war, so wurden am besten die Lider durch eine Suture, die man jederzeit wieder lockern konnte, geschlossen.

Meine Versuche mit partieller Unterbrechung der Aderhautcirculation haben ergeben, dass dieser Eingriff von dem Auge vertragen wird, so dass es gelingt, mit dem Spiegel die nachfolgenden Veränderungen des Augenhintergrundes zu verfolgen. Wenn man auch anfangs dabei ziemlich constant eine geringfügige Hypotonie, die sofort nach der Durchschneidung am stärksten ist, beobachtet, so hat diese weiter keine Folgen für das Auge, sie geht stets nach kurzer Zeit, spätestens nach einigen Tagen zurück, so lange eben nur eine lange Ciliararterie und einige der kurzen

hinteren oder die kurzen hinteren allein betroffen sind. Es macht auch keinen wesentlichen Unterschied aus, ob in dem betroffenen Bezirk die Vena vorticiosa mit durchtrennt ist oder nicht.

Die Weite der Pupille bleibt meist nach der Durchschneidung unverändert, höchstens dass sie sich vorübergehend ein wenig verengert. Nur in ganz vereinzelt Fällen habe ich eine stärkere Myosis, die sich nach ein bis zwei Stunden verlor, beobachtet, und zwar nur dann, wenn die Scheere etwas tiefer in das Orbitalgewebe eingedrungen war. Es hängt diese Myosis von der Durchschneidung der Ciliarnerven ab. Die Pupille bleibt im weiteren Verlauf von normaler Weite und reagirt auf Licht. Eine Anästhesie der Cornea tritt bei der einfachen Durchschneidung einer langen Ciliararterie nicht auf. Nur wenn in der Tiefe der Orbita die Ciliarnerven mit verletzt waren, konnte ich mangelnde Reflexerregbarkeit der Cornea constatiren, die aber in späteren Stadien nicht mehr nachweisbar war.

Hornhauttrübungen treten als Folge dieser partiellen Durchschneidung der Ciliargefäße im Allgemeinen nicht auf. Von zufälligen Trübungen durch oberflächliche Traumen bei der Operation oder durch mangelnden Lidschluss sehe ich hier ab. Nur in zwei Fällen, bei denen ich ausser einer *Art. ciliaris longa* noch ziemlich viele kurze hintere Arterien mit durchschnitt, war soeben die Grenze dessen, was das Auge verträgt, erreicht; es wurde hier eine etwas stärkere Hypotonie beobachtet, und ich hatte eine partielle, parenchymatöse Trübung zu verzeichnen, die sich aber nach mehreren Tagen wieder verlor. Auf diese parenchymatösen Hornhauttrübungen bei ausgedehnterer Durchschneidung der Ciliargefäße werde ich später noch ausführlicher zu sprechen kommen.

Das ophthalmoskopische Bild ist ein verschiedenes, je nachdem man ein pigmentirtes oder ein albinotisches Thier

genommen hat. Zuerst will ich das Bild der ersten Gruppe von Thieren besprechen, und zwar nehme ich an, dass die mediale lange Ciliararterie durchschnitten ist. Die Verhältnisse liegen bei der Durchschneidung der lateralen Arterie vollkommen gleich, nur dass sich die Veränderungen eben in der lateralen Hälfte abspielen. Ophthalmoskopirt man sofort nach der Durchschneidung, so bemerkt man am Augenhintergrund so gut wie keine Veränderung. Die Papille ist vielleicht eine Spur stärker geröthet, die Retinalgefäße etwas hyperämisch. Diese geringe Hyperämie ist wohl als Folge des operativen Eingriffs anzusehen, bei dem ja der Bulbus luxirt und auf dem v. Welz'schen Löffel nach vorn gezogen wird, möglicherweise auch als Folge der anfänglichen Hypotonie des Bulbus. Schon nach einer halben Stunde kann man constant eine grauweisse Trübung in der Peripherie des Augenhintergrunds auftreten sehen, die zuerst ganz nach innen und weit nach innen unten sich bemerkbar macht — (bei Durchschneidung der Arteria ciliaris longa medialis) —, und zwar kann man neben einzelnen vertical gerichteten Falten schon flächenhafte Trübung erkennen. Diese nimmt innerhalb der nächsten Stunden an Intensität und Extensität rapide zu, indem die anfangs zwischen den getrüben Stellen restirenden Theile des rothen Augenhintergrunds, die durch Contrastwirkung dunkler aussehen, mit in die Trübung hineingezogen werden. Schon nach ca. 2 Stunden hat die Trübung so an Ausdehnung zugenommen, dass sie fast die ganze mediale Netzhauthälfte umfasst, wenn auch noch einzelne Stellen und dreieckige Keile ungetrübt sind. Sie grenzt sich gegen den übrigen Augenhintergrund in verticaler Linie scharf ab, erreicht aber nicht die Mittellinie, sondern bleibt der Gefäßverzweigung der medialen Ciliararterie entsprechend auf die mediale Seite beschränkt. Sind noch einige der benachbarten kurzen Ciliararterien mit durchtrennt, so nähert sie sich freilich der Mittellinie.

Immer ist aber die Abgrenzung eine scharfe und der Uebergang in die getrübe Partie ein plötzlicher. Die Markflügel gehen, soweit sie dem genannten Bezirk angehören, ebenfalls in die Trübung mit ein. Beobachtet man gerade das Stadium, wo die Markflügel mit hineingezogen werden, etwa nach $1\frac{1}{2}$ Stunde, so sieht es aus, als lege sich ein Schleier über die Markflügel, doch kann man keine parallaxtische Verschiebung bekommen, und man kann sich besonders bei Untersuchung im aufrechten Bild sicher davon überzeugen, dass die Trübung in der Retina liegt und nicht davor im Glaskörper. In dem getrühten Bezirk kann man noch einzelne breite, meist vertical gerichtete Falten erkennen, auch zuweilen an circumscribten Stellen Andeutungen von kleineren Falten, die an ein gyriiformes Aussehen erinnern, doch ist der Hauptsache nach die Trübung eine flächenhafte, ohne besondere Zeichnung.

Die Bilder, die Berlin geschildert hat, dass nämlich die Trübung eine den Hirnwindungen ähnliche Fleckung zeigt, werden bei der partiellen Ciliargefässdurchschneidung nicht gesehen, wenn auch im übrigen eine grosse Uebereinstimmung zwischen beiden besteht.

Die anfangs grauweiss aussehende Netzhauttrübung nimmt im Verlauf der nächsten Stunden einen saturirteren weissen Farbenton an. Die geringe Hyperämie der Retinalgefässe bleibt gewöhnlich die ersten Tage bestehen. Die grösseren Gefässe auf der Markstrahlung leiden nicht sehr erheblich an Deutlichkeit, was dafür spricht, dass die Trübung in der Retina selbst liegt und nicht davor, da ja die grösseren Gefässe ganz oberflächlich liegen. Nur die feineren Verzweigungen werden durch die Trübung verdeckt, die sichtbar bleibenden erscheinen durch Contrastwirkung etwas dunkler. Nach dem Aequator zu lässt sich die Trübung nicht abgrenzen; soweit man sehen kann, ist die Netzhaut getrüht.

Nach ca. sechs Stunden hat die Trübung ihren Höhepunkt erreicht; das Bild bleibt nun ein bis zwei Tage ziemlich unverändert. Dann treten Anzeichen hervor, dass der Process zurückgeht. Man erkennt in der abnehmenden Trübung einzelne intensiver weiss und gelblich gefärbte Flecken und Netze, einzelne Falten treten deutlich zu Tage, bis wieder schmutzig, rothbrauner Augenhintergrund durchbricht. Die Markstrahlung wird wieder deutlicher, man sieht zuweilen auch hier kleine weissgelbe Fleckchen. Wenn die Trübung noch weiter zurückgeht, kommen wieder grössere Bezirke des Augenhintergrundes zum Vorschein, die sofort ein ausgesprochen chagriniertes Aussehen haben. Man erkennt feinste Pigmentpunkte, über denen noch vielfach eine zarte netzförmige Trübung liegt. Ueberhaupt ist charakteristisch, dass die rückgängige Trübung ein netzförmiges Aussehen hat.

Während etwa am dritten und vierten Tage nach der Durchschneidung der wieder zu Tage tretende röthliche Augenhintergrund und die Trübung sich das Gleichgewicht halten, verschwindet vom fünften Tage ab die letztere ziemlich rasch.

Um diese Zeit treten schon etwas grössere Pigmentklümpchen auf dem, einen mehr gelben oder gelbrothen Farbenton darbietenden, Augenhintergrund in die Erscheinung. Einzelne weissgraue Falten, meist in meridionaler Richtung verlaufend, zuweilen scheinbar an Aderhautgefässe angelehnt, halten sich noch längere Zeit, während im übrigen die Trübung bis auf ganz zarte weissliche Netze zurückgegangen ist. Die Netzhaut sieht aus wie ein über den gelblich gefärbten Augenhintergrund hinübergelegter zarter Schleier mit einzelnen intensiver gefärbten Fleckchen und Netzen. Die Pigmentirung nimmt von nun an rasch zu. Neben den gelben Entfärbungsherden von unregelmässiger Form treten dunkle Pigmentklumpen auf, die an Grösse und Anordnung stark variiren. Das Bild passt nun ganz zu dem, das schon Berlin skizzirt hat.

Die Netzhautgefässe sind während der Zeit vollkommen normalisirt, die Papille ohne Veränderung. Der Markflügel der betreffenden Seite ist in diesem Stadium von ziemlich normaler Configuration, nur dass zwischen seiner fächerförmigen Ausstrahlung Pigmentherde und gelbliche Flecken zu Tage treten.

Von der zweiten bis dritten Woche ab nimmt die Pigmentirung des betreffenden Bezirks nur langsam zu. Um diese Zeit können noch einzelne schmale Stränge als Rest der Netzhauttrübung bestehen, sie machen ganz den Eindruck von seichten Falten. So sah ich bei einem Thier, das ich 24 Tage nach der Durchschneidung einer langen und einiger der kurzen hinteren Ciliararterien in Beobachtung behielt, eine quere, parallel der Markstrahlung verlaufende scharf begrenzte Netzhautfalte in der unteren Bulbushälfte, die am vorderen Ende eine kleine Perforation erkennen liess. Bei demselben Thier bestanden weiter nach unten noch drei kürzere Falten. Die übrige Retina war wie auch sonst in diesem Stadium als zarter weisslicher Schleier zu erkennen, was besonders bei wechselnder Spiegelhaltung deutlich wurde. Wie erwähnt, bleibt dieser netzförmige weissliche Hauch noch längere Zeit bestehen.

Um diese Zeit — dritte bis vierte Woche — ist das Bild etwas schärfer geworden. Die klumpigen Pigmentherde grenzen sich von dem gelben oder gelbröthlichen Augenhintergrund deutlich ab; die Aderhautgefässe werden auf grössere Strecken als helle Bänder sichtbar; in wie weit sie Circulation haben, ist mit dem Spiegel nicht immer zu entscheiden. Das Bild gleicht dem einer abgelaufenen Chorioretinitis mit theilweisem Schwund des Pigments neben klumpiger Pigmentanhäufung. Die chorioretinitischen Veränderungen schneiden an der früheren scharfen Trübungsgrenze ebenso scharf ab.

Nur dort, wo Netzhauttrübung bestand, finden sich die genannten Veränderungen und überall dort, wo dieselben

vorhanden sind, hatte früher Trübung bestanden. Gerade diese scharfe Abgrenzung von dem normalen Augenhintergrund ist noch im spätesten Stadium sehr auffallend. Die übrige Partie des Augenhintergrundes bleibt dauernd ohne jede Veränderung.

Etwa nach der vierten Woche fängt der betreffende Markflügel etwas zu atrophiren an, die Spitzen erscheinen dünner und verkürzt. Doch ist die Atrophie auch noch nach zwei Monaten nur eine geringe, wenn auch deutlich wahrnehmbare; einzelne Bündel sehen wie angenagt aus. Merkwürdig ist auch das Verhalten der Retinalgefässe in dem Markflügel. Während, wie erwähnt, mit Ausnahme der anfänglichen geringen Hyperämie die Netzhautgefässe vollständig normal erscheinen, verengern sich, sowie die beginnende Verkürzung des Markflügels deutlich wird, die Gefässe der betreffenden Seite ein wenig, sodass man eine Differenz in der Caliberstärke zwischen beiden Seiten wahrnehmen kann. Die Atrophie des Markflügels ist keine auffallend progressive, denn nach mehreren Monaten scheint dieselbe ziemlich zur Ruhe gekommen zu sein. So fand ich bei einem Thier nach neun Monaten keine sichere Zunahme mehr seit dem dritten Monat. Der Markflügel war in der Peripherie deutlich abgestutzt und schnitt mit dem peripheren Ende der Arterie ab, die deutlich etwas verengt war. Auch die Pigmentirung liess in dem späten Stadium keine Zunahme mehr erkennen.

Dieses letzte Thier zeigte noch einige Besonderheiten. Es hatte sich nämlich ganz allmählig nach innen unten eine starke Atrophie und Retraction der Iris ausgebildet, die etwa ein Drittel der Circumferenz betraf. Die Iris lag nur als ein ganz schmaler Saum an der betreffenden Stelle der Hinterfläche der Cornea an, die Pupille war dementsprechend verzogen. Man konnte auf grosse Ausdehnung den Linsenrand erkennen. In der Linse selbst trat eine *Cataracta incipiens* auf mit Trübungsstreifen im Aequa-

tor, in der vorderen und hinteren Corticalis und am hinteren Pol.

Offenbar hatten hier Störungen vorgelegen, die eine vollkommene Wiederherstellung der Circulation in der Iris und im Ciliarkörper verhinderten. Es war auch eins der Thiere, bei denen, wie erwähnt ist, eine allerdings spontan zurückgehende, partielle, parenchymatöse Hornhauttrübung ohne Epitheldefect aufgetreten war. Merkwürdig war, dass, sowie die Trübung zurückging, der schmale Pigmentsaum, den die Thiere an der Corneascleralgrenze haben, sich stark verbreitert fand, sodass er weiterhin bis auf ca. 3 mm in die Cornea vorgerückt blieb. Es muss dieses mit Regenerationsvorgängen in der Hornhaut, hier also im Epithel, in Zusammenhang stehen. In den übrigen Fällen fand ich constant, dass an der Stelle des Coniunctivalschnitts, den ich meist nicht nähte, an dem also eine flächenhafte Neubildung des Epithels nothwendig war, diese pigmentirte Epithelzone stark verbreitert und auf mehrere mm nach der Schnittnarbe zu in die Coniunctiva hineingewuchert war.

Dass bei der Durchschneidung der lateralen Ciliaris longa das Bild dasselbe ist, habe ich oben erwähnt, nur spielt sich eben alles in der lateralen Hälfte ab. Bei Durchschneidungen der kurzen hinteren Ciliararterien erstreckt sich die betroffene Zone unterhalb und oberhalb der Papille. Die Trübung der Netzhaut geht bis an den Papillenrand heran, die Grenzen desselben werden verwischt. Doch sind die Veränderungen weniger hochgradig, da es einmal nicht gelingt, sämmtliche kurzen hinteren Arterien bei vollständiger Erhaltung des Sehnerven selbst zu durchtrennen, und da der betroffene Streif zwischen den beiden erhaltenen Gefässgebieten liegt und von der Seite her bald wieder durch Anastomosen gefüllt wird.

Etwas anders und in vieler Beziehung instructiv verhält sich das Bild bei albinotischen Thieren. Man sieht hier nach der Durchschneidung auf der betreffenden Seite

eine auffallende Blässe und Anämie der Aderhaut. Die Gefäße sind verengt, zum Theil ganz leer, zum Theil enthalten sie noch eine schmale Blutsäule, deren Farbe aber auffallend hell ist, da ihr Caliber abgenommen hat. An einzelnen Gefäßen erkennt man ein deutliches Zerfallensein der Blutsäule und vollkommene Stase. Nur wenn man sehr frühzeitig spiegelt, kann man das Zerreißen der Blutsäule direct beobachten und die zerrissenen Stücke abfließen sehen. Bald ist nach Durchschneidung der *Arteria ciliaris longa* das die *Sclera* durchsetzende Ende der Arterie ganz leer, während das vordere Ende eine zerrissene Blutsäule hat; auch die kleinen sternartigen Ausstrahlungen der Aderhautarterien sind als leere weisse Röhren zu erkennen. In einem Fall, bei dem auch eine *Vena vorticososa* mitdurchtrennt war, war die Aderhaut in einer ausgedehnten Zone fast ganz weiss; in anderen Theilen war die Blutsäule in den Arterien und Venen in kurze Stücke zerfallen, so dass die Gefäße ein vollkommen perlchnurartiges Aussehen hatten. Von Circulation war eine Zeit lang nichts zu sehen. Die nicht betroffene Seite sieht stets etwas dunkler und blutreicher aus als sonst, wohl als Folge der etwas herabgesetzten Spannung des Auges.

Ueber die anämische Aderhaut hinweg ziehen die Netzhautgefäße in nahezu normaler Füllung.

Nach ein bis zwei Stunden macht sich ab und zu in der Randzone eine stärkere Füllung der Venen bemerkbar; auch kann man eine rückläufige Bewegung in einzelnen venösen Aesten erkennen. Ferner treten an den noch bluthaltigen Gefäßen deutliche Schwankungen im Caliber auf: spindelförmige Verdickungen wechseln mit Einschnürungen ab. Nach kleinen Zeitintervallen kann man geringe Veränderungen im Aussehen der Gefäße constatiren, die auf eine gewisse Bewegung in den Gefäßen deuten: Stücke, die vorher leer waren, zeigen dann eine spindelförmige Blutsäule etc.

Meist bleibt jedoch in den ersten Tagen ein grosser Bezirk ohne Circulation, gewisse Theile sind vollständig weiss, andere enthalten spärlich Blut und zeigen die genannten Veränderungen im Caliber und Zerrissensein der Blutsäule; an anderen Stellen scheinen nach einigen Stunden die Venen theilweise abnorm gefüllt, nur dass auch hier Caliberschwankungen nicht fehlen, ohne dass man deutliche Circulation erkennt. Comprimirt man ein solches Auge, so kann man die Blutfüllung deutlich verändern und auch rückläufige Circulation nach Aufhören des Druckes beobachten.

Ab und zu finden sich in der Randzone auch kleine Blutextravasate in der Aderhaut, doch ist dieses kein constanter Befund.

Die Retinaltrübung ist bei dem fehlenden Pigment und dem blassen, theilweise vollkommen weissen Augenhintergrund in ihren Anfängen nur schwer zu erkennen. Sie macht sich dadurch bemerkbar, dass das Bild nach einigen Stunden besonders in der Peripherie verschwommen und trübe wird. Die Aderhautgefässe erscheinen zum Theil noch matter und treten weniger scharf hervor. Auf den Markstrahlen sieht man hie und da frühzeitig eine Fleckung auftreten, die später in eine diffuse Trübung übergeht. Hat die Trübung erst ihren Höhepunkt erreicht — also etwa nach sechs Stunden —, so ist es nicht so schwer, sie zu erkennen, wenn auch die Aderhautgefässe noch theilweise sichtbar bleiben; nur an der Peripherie werden die blassen Gefässe durch die Trübung so gut wie ganz verdeckt. Auch Andeutungen einzelner Falten kann man ab und zu erkennen. Immerhin hat es bei albinotischen Thieren einige Schwierigkeit, die Trübung bestimmt in die Retina zu localisiren und von diffuser Glaskörpertrübung zu unterscheiden.

Vom dritten Tage ab — einige Male auch schon früher — kann man deutlich constatiren, wie sich die Circulation allmählich wieder herstellt. Die Arterien füllen sich

wieder, die Lumina der verengten oder ungleich gefüllten Gefässe werden wieder weiter und gleichmässiger. Man sieht zuweilen an den ungleich gefüllten Gefässen deutliche Circulationsbewegungen in normaler Richtung. Auch habe ich einige Male deutlich das Phänomen der Circulation einer unterbrochenen Blutsäule beobachtet; die zerklüftete Blutsäule schob sich in normaler Richtung vorwärts, ein Phänomen, das Leber zuerst nach Durchschneidung des Sehnerven bei Thieren in der Netzhaut beobachtet und als Zeichen einer stark abgeschwächten Circulation gedeutet hat.

Der anämische Bezirk verkleinert sich. Doch bleiben constant einzelne Gebiete vollkommen blutleer oder werden nur von spärlichen Gefässen durchzogen, welche Circulationsstörung dauernd bestehen bleibt. Die obliterirten Gefässe sind eine Zeit lang als weisse Stränge zu erkennen, später nimmt der Bezirk ein mehr gleichmässig sehniges Aussehen an. Das Zurückgehen der Netzhauttrübung ist ebenfalls schwieriger zu verfolgen und hauptsächlich am Deutlicherwerden des Bildes zu erkennen. Auch hier können einzelne Falten zurückbleiben und kleine gelbliche Flecke in der Netzhaut und am Rand der Markstrahlung auftreten. Von der vierten Woche ab macht sich ebenfalls eine geringe Verkürzung und Atrophie der Markstrahlen bemerkbar.

Die Retinalgefässe verhalten sich wie oben erwähnt.

Einmal beobachtete ich unterhalb der Papille eine ausgedehntere Hämorrhagie, über deren Herkunft sich nichts sicheres aussagen liess; wahrscheinlich war sie bei der Operation durch ein zufälliges Trauma entstanden.

Ein andermal constatirte ich einige Wochen nach der Durchschneidung das Auftreten einer vorher nicht bestandenen Netzhautfalte, die als eine Ablatio retinae anzusehen war. Sie gab eine deutliche Parallaxe und prominirte deutlich. Da die Ablösung ziemlich peripher gelegen war, so war es schwer über die Zunahme derselben ins Klare zu

kommen. Sie schien *circumscript* zu bleiben bis zur Tödtung des Thieres.

Die Iris ist bei Durchschneidung einer langen Ciliararterie in grosser Ausdehnung entschieden anämisch, doch gleicht sich auch hier der Blutgehalt in den nächsten Tagen aus.

Durch die Injection war ich in den Stand gesetzt, den Erfolg der Gefässdurchschneidungen zu controlliren und die bei albinotischen Thieren mit dem Spiegel gemachten Beobachtungen über die Circulationsverhältnisse in der Aderhaut nach der Durchschneidung zu verfolgen. Besonders eignen sich zur Injection albinotische Thiere, bei denen man nach Eröffnung des Bulbus und nach Entfernung der Linse und des Glaskörpers im durchfallenden Licht die Verhältnisse zur Genüge überblicken kann. Will man noch mehr sehen, so kann man, nachdem durch radiäre Einschnitte in die Augenhäute eine Ausbreitung der Bulbushälfte ermöglicht ist, durch Glycerin die Gewebe soweit aufhellen, dass man das Präparat mit schwachen Vergrößerungen unter dem Mikroskop ansehen kann. Noch vollkommener gelingt die Aufhellung, wenn man die Bulbushälfte nach Entwässern in Alkohol in ätherischen Oelen aufhellt und so, resp. nach Einbettung in Balsam, untersucht.

Bei pigmentirten Thieren ist die Präparation mühsamer, da man die Aderhaut von der Sclera abziehen und vom Pigment durch Bearbeiten mit einem Pinsel und feinen Pincetten befreien muss; die Bulbi müssen dazu vor dem Durchschneiden gut gehärtet sein. Doch gelingt es auch hier ganz gut, Uebersichtsbilder zu bekommen.

Injicirt man ein Auge $\frac{1}{2}$ — 1 Tag nach der Durchschneidung, so sieht man, dass im Bereich des Gefässgebietes, dessen zuführende Arterien durchschnitten wurden, die Gefässinjection mangelt, während die übrigen Theile vollkommen injicirt sind.

In dem ziemlich scharf abgegrenzten Bezirk sind die

Gefässe theils so gut wie leer, theils schwach mit Blut gefüllt, theils besser gefüllt, theils von ungleichem Caliber, theils mit zerrissener Blutsäule. Zwischen den zerklüfteten Stücken liegt moleculare Eiweisssubstanz. Auch sind in das Gewebe einzelne rothe Blutkörperchen oder kleine Gruppen derselben ausgetreten, ebenso wie einzelne weisse Blutzellen. Soweit die Injection fehlt, ist die Retina deutlich verdickt, opak und zeigt einzelne Faltungen. Bringt man eine solche Netzhaut frisch unter das Mikroskop, so kann man eine feinkörnige Trübung sehen.

Macht man die Injection ein bis zwei Tage nach der Durchschneidung, so ist der Bezirk mangelnder Injection noch ziemlich scharf abgeschieden. Das Aderhautstroma ist von feinkörnigem Eiweiss durchsetzt. Bei pigmentirten Thieren sieht man auf dem dunklen Hintergrund sehr schön, wie weit die Retina getrübt ist. Die Retina ist dabei verdickt, opak, gefaltet, bröcklich und sehr leicht zerreisslich. Im durchfallenden Licht kann man auch hier zur Genüge erkennen, dass, soweit die Netzhaut getrübt ist, die Gefässe von der blauen Injectionsmasse freigeblieben sind.

Vom dritten Tage an sieht man die Randzone, wenn auch nur unvollkommen, wieder mit Injectionsmasse gefüllt; der betreffende Bezirk verkleinert sich immer mehr; doch bleibt ein mehr oder weniger grosser Theil dauernd ganz ohne oder zum Theil ohne Circulation, während sich im Uebrigen die Circulation wieder vollständig herstellt. Die Retinalgefässe sind stets vollkommen bis in die feinsten Verzweigungen mit Injectionsmasse gefüllt.

Präparirt man die in den Bulbus eintretenden Gefässe, so kann man in späteren Stadien deutlich constatiren, dass die den durchschnittenen Ciliararterien zunächst liegenden hinteren Ciliararterien ein bedeutend dickeres Caliber besitzen, als ihnen zukommt.

Auch den entsprechenden Abschnitt des Ciliarkörpers und der Iris findet man anfangs ganz oder zum grossen

Theil frei von Injectionsmasse. Doch stellt sich hier bei der günstigen Gefässverbindung die Circulation verhältnismässig rasch wieder her; immerhin fand ich in einem Fall noch am siebenten Tage den entsprechenden Bezirk der Iris nur unvollkommen mit Injectionsmasse gefüllt.

Um die anatomischen Veränderungen dieser partiellen Circulationsstörung in der Aderhaut kennen zu lernen, habe ich Augen aus den verschiedensten Stadien bis neun Monate nach der Durchschneidung nach Härtung in Müller'scher Flüssigkeit oder Flemming'scher Lösung eingebettet und geschnitten. Ich habe dabei constante Veränderungen gefunden.

In dem ersten Stadium der Netzhauttrübung findet sich als Ursache der ophthalmoskopischen Veränderung eine starke Auflockerung der Retina, die in der Stäbchen-Zapfenschicht und äusseren Körnerschicht am hochgradigsten ist, sowie eine seröse Durchträngung der Membran mit eiweissreicher Substanz und eine beträchtliche moleculare Trübung der Elemente der Retina. Es kommen vereinzelte Faltenbildungen der Netzhaut in ihrer ganzen Dicke vor, noch mehr aber Faltungen der gelockerten äusseren Schichten. Am meisten springen in die Augen die Veränderungen der äusseren Körnerschicht und der Zapfenschicht. Die erstere ist aus einander gezogen, stark aufgelockert, zerklüftet; die Körner gruppenweise durch Vacuolen getrennt und nach hinten zu vorgeschoben. Zwischen den Körnern kommen Hohlräume, die mit molecularer Eiweissmasse gefüllt sind, vor. Die einzelnen Körner sind anfangs noch gut gefärbt, doch erkennt man schon nach 24 Stunden eckige Formen und Körner, in denen die Chromatinsubstanz zusammengedrängt ist und sich besonders intensiv färbt. Die Stäbchen und Zapfen sind ebenfalls aufgelockert, von der Limitans bogenförmig abgehoben, büschelförmig durcheinander gedrängt, sodass sie sich in demselben Schnitt in der verschiedensten Richtung durchschnitten zeigen.

Die einzelnen Elemente sind aufgequollen, feinkörnig getrübt, unregelmässig geformt, hinten keulenförmig verdickt, zum Theil zerfallen. Zwischen Stäbchenschicht und Pigmentepithel ist amorphes Eiweiss gelegen. Dieses Transsudat, zwischen dem zuweilen Fibrinfäden vorkommen, füllt auch den Abhebungsraum der kleinen Netzhautfalten aus. Bei pigmentirten Thieren zeigen die Pigmentepithelzellen im ersten Stadium scheinbar nur geringfügige Veränderungen. Viel freie Pigmentkörner liegen extracellulär zwischen den Stäbchen und in dem eiweissreichen Transsudat. Die Zellen sind aufgelockert, zeigen seichte Abhebungen von der Aderhaut und unregelmässige Formen. Bei albinotischen Thieren dagegen finden sich deutlichere Zeichen der Zelldegeneration. Ich fand am zweiten Tage nach der Durchschneidung stellenweise über der nicht injicirten Aderhaut eine Necrose der Pigmentzellen; die Kerne waren nicht gefärbt, die Zellen selbst zum Theil durch Eiweiss seicht abgelöst, gequollen und feinkörnig getrübt. Daneben kamen Stellen mit sehr schlechter Kernfärbung und starker feinkörniger Protoplasmatrübung vor, bis zu den Randparthieen des Bezirkes, in denen die Kerne sich wieder besser färbten. Auch fanden sich an den nicht vollständig necrotischen Zellen auf ihrer inneren Seite Vorsprünge und spitzere und breitere Fortsätze. Einzelne Zellen waren auffallend vergrössert, ihre schlecht gefärbten Kerne abnorm aufgequollen.

Auch in den übrigen Retinalschichten kann man schon im ersten Stadium der Netzhauttrübung deutliche histologische Veränderungen nachweisen. Die innere Körnerschicht ist ebenfalls aufgelockert, die Körner sind auseinandergedrängt und unregelmässig verschoben. Die innere granulirte Schicht ist stark verbreitert und gleichmässig feinkörnig getrübt. Die Ganglienzellen sind ganz an die innere Netzhautoberfläche zusammengedrängt, so dass Zelle neben Zelle liegt, die Kerne in einer Ebene. Die Zelleiber sind deutlich ge-

schrumpft, nur ein schmaler Protoplasmasaum umgiebt die ziemlich normalen Kerne. Die Stützfasern durchziehen die Membran scheinbar in grösserem Abstand, sind feinkörnig getrübt und heben sich von der Umgebung nur sehr wenig ab; ihre fächerförmige Ausbreitung an der Innenfläche der Retina ist zusammengedrückt und nur undeutlich zu erkennen. Ausserdem liegt der Innenfläche der Netzhaut vielfach amorphes Eiweiss aufgelagert, den Glaskörper seicht abhebend. Auch treten hier mehrfach faserige Fortsätze der Stützfasern zu Tage.

In dem nicht getrühten Theil der Netzhaut ist die Membran bis auf vereinzelte Vacuolen in der inneren Körserschicht normal.

Wenn auch ein Theil der genannten Veränderungen als cadaveröse Erscheinung am normalen Kaninchenauge angetroffen wird, so ist hier an postmortale Veränderungen nicht zu denken, da einmal die Augen möglichst frisch in die Härtungsflüssigkeit gebracht wurden, und da sodann die Differenzen zwischen den beiden Netzhautseiten zu auffallend sind, um irgend einen Zweifel aufkommen zu lassen. Man muss vielmehr diese Veränderungen auffassen als Zeichen einer Degeneration der Retina *intra vitam*, die derjenigen gleichsteht, welcher auch die normale Kaninchenretina *post mortem* als Leichenvorgang anheimfällt.

Schon vom zweiten Tage nach der Durchschneidung ab kann man constatiren, dass die Veränderungen auf eine ganz rapide fortschreitende Degeneration der Retina hinielen, bei der jedoch weiterhin nicht alle Theile gleichen Schritt halten, sodass man verschiedene Grade nebeneinander sieht. Durch die zum grossen Theil sich wiederherstellende Circulation in der Aderhaut machen einzelne Bezirke in der Degeneration halt, da sie wieder besser ernährt werden. In dem Bezirk jedoch, in dem die Circulation gar nicht oder erst später und nur unvollkommen wiederhergestellt wird, schreitet die Degeneration rapide fort.

Wie schon oben ausgeführt ist, hat die Methode der Durchschneidung einzelner Ciliargefässe den grossen Vortheil, dass die Ernährungsstörung vom Auge vertragen wird, so dass man mit dem Spiegel die Veränderungen verfolgen kann, aber den Nachtheil, dass die Circulationsstörung nach verhältnissmässig kurzer Zeit durch die Anastomosen ausgeglichen wird; nur ein relativ kleiner Bezirk kann dauernd geschädigt bleiben.

Schon am zweiten Tage nach der Durchschneidung findet sich in der zumeist veränderten Parthie über der nicht injicirten Aderhaut ein Zerfall und Schwund der Stäbchen-Zapfenschicht. Neben Zerfallsproducten derselben in Gestalt kleiner Tröpfchen und körniger Massen kommen nur noch einige missgestaltete, meist kurze, ungeformte Elemente vor. Aus den Pigmentepithelzellen sind noch mehr Pigmentstäbchen ausgewandert. Die äussere Körnerschicht ist schon erheblich im Schwund begriffen mit ausgesprochener körniger Degeneration der einzelnen Elemente; neben kleinen freien, intensiv gefärbten Chromatinkügelchen kommen eckige, geschrumpfte Körner vor und ovale Formen, bei denen ein oder mehrere Chromatinkörner in einer blasen Hülle eingeschlossen sind.

Auch die innere Körnerschicht ist im Schwinden begriffen, die Zahl der Körner hat abgenommen, eine genaue Trennung von der äusseren Körnerschicht ist nicht möglich, beide confluiren durch Schwund der äusseren granulirten Schicht. In den Körnerschichten ist noch viel amorphes Eiweiss zwischen den Elementen anzutreffen. Die Müller'schen Stützfasern sind ebenfalls in feinkörnigem Zerfall begriffen, stellenweise nicht mehr von der eiweissreichen granulirten Schicht zu differenziren. Die Ganglienzellen sind theils geschrumpft, theils verschwunden. Die Markflügel sind auch dort, wo die Aderhautcirculation unterbrochen ist, bis auf eine mässig starke seröse Durchtränkung ziemlich intact, während die darunter befindliche Re-

tina degenerirt ist. An den Nervenfasern selbst sind keine deutlicheren Veränderungen nachweisbar, sie färben sich mit Weigert'scher Hämatoxylinlösung vollkommen schön. Diese Färbung ist für die Netzhautdegeneration mit Vortheil zu verwerthen, da mit ihr der Defect der Stäbchen und Zapfen und Schwund der Körner besonders deutlich zu Tage tritt; die kleinen Zerfallskörner der äusseren Körnerschicht färben sich intensiv, die Kerne der Ganglienzellen dagegen nicht mehr, nur findet man zuweilen an ihrer Stelle intensiv gefärbte Klümpchen, die anscheinend von degenerirten Ganglienzellen herrühren.

Der Gehalt an Lymphzellen in der degenerirten Netzhaut ist ein mässiger.

Die weitere Degeneration der Retina schreitet ebenso rapide fort, sodass man schon nach sechs Tagen an der hochgradigst veränderten Stelle eine enorme Verdünnung der Retina antrifft. Die Stäbchen-Zapfenschicht fehlt ganz, nur eine dünne Eiweisschicht trennt das aufgelockerte Pigmentepithel von der Limitans externa. Die Retina bildet nur noch eine dünne Membran, in der an einigen Stellen zwischen der feinkörnigen Substanz ein undeutlich faseriges Stützgewebe zu erkennen ist, und in der noch einzelne Zellen von verschiedener Form und Grösse mit ovalen Kernen, dem Aussehen nach Reste der inneren Körnerschicht, vorkommen. Dazwischen sind noch ab und zu kleine Chromatinkügelchen und geschrumpfte Körner als letzte Reste der äusseren Körnerschicht zu sehen. Auch grosse Fettkörnchenzellen kommen vor. Ferner tritt in der degenerirten Retina Pigment auf, theils in Gestalt freier Molecüle, theils in Zellen eingeschlossen; die letzteren zeigen beträchtliche Differenzen in Bezug auf ihre Grösse und ihren Pigmentgehalt. Das Pigmentepithel fehlt streckenweise; an anderen Stellen liegen Gruppen von Pigmentzellen beisammen, von denen es fraglich ist, ob sie durch Wucherung der Pigmentzellen entstanden sind. Auch Lymphkörperchen

trifft man ab und zu an. Was die pigmentirten Zellen in der degenerirten Netzhaut anlangt, so macht es den Eindruck, als ob die Pigmentkörner erst secundär von anderen Zellen, besonders Lymphzellen, aufgenommen und verschleppt seien.

Neben den hochgradig degenerirten Parthien kommen weniger veränderte Stellen vor. In grosser Ausdehnung sieht man das Stadium der Degeneration, wo die Zapfenschicht vollständig und die äussere Körnerschicht ziemlich vollkommen geschwunden sind, während die innere Körnerschicht, die innere granulirte und die Ganglienzellenschicht relativ besser erhalten sind. Das Pigmentepithel ist ebenfalls erhalten, die Zellen zeigen häufig kegelförmige Fortsätze auf der Innenseite. Auch in der so degenerirten Netzhaut trifft man pigmentirte Zellen an. Ihrer inneren Oberfläche liegt noch viel Eiweiss, mit spärlichen Lymphzellen und einzelnen Pigmentzellen untermischt, auf.

In dem Stadium, in dem ophthalmoskopisch die Netzhauttrübung bis auf einzelne als Falten sich darstellende Trübungsstreifen zurückgegangen ist, kann man mikroskopisch einzelne Falten der Netzhaut erkennen, von denen es sich abgesehen von der Coincidenz der Lage auch durch die Strukturverhältnisse mit Sicherheit ausschliessen lässt, dass sie etwa Kunstproducte, durch die Präparation entstanden, seien. Gerade an den Falten sind die Stäbchen noch leidlich erhalten, zum Theil abgelöst, lang ausgezogen, zum Theil auch mehr degenerirt. Der subretinale Raum wird von eiweissreichem Transsudat und von Fasernetzen, die aus dem Stützgewebe hervorgegangen sind, nebst einzelnen Lymph- und Spindelzellen ausgefüllt.

In noch späteren Stadien, in denen ophthalmoskopisch der Process zur Ruhe gekommen scheint, findet man die verschiedensten Grade der Degeneration neben einander. Auf grosse Strecken ist die Retina so gut wie ganz geschwunden und besteht nur noch aus einer ganz dünnen

Schicht faserigen Gewebes ohne deutliche Retinalelemente, von runden, Pigment enthaltenden Zellen durchsetzt. Gerade an diesen Stellen hochgradigster Degeneration kann auch die Aderhaut dauernd frei von Circulation bleiben. Sie besteht aus Bindegewebe, indem noch obliterirte Gefäße zu erkennen sind. Auch eine innige Verwachsung der Aderhaut und Retina habe ich an ganz vereinzelt Stellen gefunden, mit einer directen Gewebsverbindung, während sonst im Allgemeinen kein Faseraustausch zwischen Retina und Aderhaut statt hat.

An den etwas besser erhaltenen Stellen sind die äusseren Netzhautschichten die am meisten geschädigten. An ihnen finden sich auch Zeichen von Proliferationsvorgängen. Wo die Stäbchen und Zapfen fehlen, und die äusseren Körner nur zum Theil erhalten sind, sieht man von dem Stützgewebe ausgegangene Wucherungen auf der äusseren Oberfläche der Retina in Gestalt von jungem, netzförmigem Fasergewebe mit deutlichen Kernen in den Kreuzungspunkten der Fasern und epitheloiden Zellen zwischen den Fasern.

Das Pigmentepithel zeigt an der Grenzschicht zur besser erhaltenen Netzhaut deutliche Wucherungen und Formveränderungen der Zellen mannigfacher Art. Doch gelang es mir bei albinotischen Thieren nicht, unzweifelhafte Mitosen in den späteren Stadien nachzuweisen. In der Netzhaut selbst trifft man vielfach Pigment enthaltende Zellen verschiedener Form an, die aber nicht aus den Pigmentepithelien durch Wucherung hervorgegangen zu sein scheinen.

Dort, wo die Zapfen und Stäbchen erhalten sind, findet man zahlreiche Formveränderungen der Elemente, die besonders bei der Weigert'schen Hämatoxylinfärbung schön hervortreten. Die Elemente sind fast durchweg sehr lang ausgezogen, von der Limitans externa büschelförmig und arkadenförmig abgelöst. Das Zapfenkorn zerfällt in zahlreiche intensiv sich färbende Kügelchen, die Zapfen und Stäbchen sind stark gekörnt. Auf die nähere Beschreibung

dieser mannigfachen, zum Theil zierlichen Formveränderungen will ich aber nicht näher eingehen.

Auch an den nahezu gut erhaltenen Netzhautstellen kommt eine Proliferation des Stützgewebes vor.

Am intactesten hält sich die Nervenfaserschicht. Doch findet man in den äussersten Ausläufern der Markflügel und in den äusseren Schichten der dickeren Faserbündel ebenfalls feine Veränderungen, die auf einen Zerfall einzelner Fasern hindeuten. Die Fasern sind stark varicos, zwischen ihnen liegen kleine Klümpchen zerfallener Nervensubstanz, die Bündel sind reducirt. Immerhin sind die Veränderungen im Verhältnis zur Degeneration der übrigen Retina an derselben Stelle so gering, dass z. B. in einem Fall die ziemlich gut erhaltene Nervenfaserschicht direct dem zum Theil auch degenerirten Pigmentepithel auflag.

Die Retinalgefässe sind in all' diesen Fällen stets gut injicirt. Anatomisch kann man zwischen den Gefässen der beiden Netzhauthälften keine deutliche Differenz erkennen, wenn auch ophthalmoskopisch die Gefässe der geschädigten Hälfte etwas verengt erscheinen. Die Netzhaut, soweit sie dem getroffenen Bezirk nicht angehört, bleibt intact.

Als Besonderheit habe ich noch in einem Fall eine partielle, beginnende Netzhautablösung gefunden, die, wie schon oben erwähnt ist, erst später aufgetreten und, wie die anatomische Untersuchung ergibt, wohl sicher durch Schrumpfung des Glaskörpers und Zug von innen her bedingt ist. Die Netzhaut ist in Gestalt einer Falte abgelöst. Die Spitze der Falte ist mit dem hier stark fibrillären Glaskörper innig verwachsen, und es strahlen von hier nach oben und unten dichte Züge von Glaskörperfibrillen aus. Auf der Spitze der Falte ist die Netzhaut stark degenerirt und verdünnt, an einer Stelle sogar bereits eingerissen. Dieses Bild ist nur so zu erklären, dass der schrumpfende Glaskörper hier die Retina, mit der er innig verwachsen war, nach sich zog und die Membran einriss.

Auch an anderen Theilen des Auges finden sich mehr oder weniger constant gewisse feinere Veränderungen, auf die ich kurz eingehen möchte. So weist der Glaskörper constante Abnormitäten auf. In den frühesten Stadien schon kann man eine ziemlich beträchtliche fibrinöse Durchtränkung constatiren. Neben dem gewöhnlichen fädigen Fibrin kommen die aus dem Glaskörper längst bekannten knäuelartigen Gerinnungsfiguren vor. Von einem Centrum aus strahlen zahlreiche feinste Fädchen radienförmig aus. Zuweilen sitzt im Centrum eine Zelle, zuweilen findet man keine darin. Da sich im Centrum die Fasern überkreuzen, so sieht dasselbe dunkler aus. Ausserdem trifft man vielfach knorriges Fibrin an, und gerade bei diesem sind die breiten Fasern oft dicht besetzt mit kleinen Tröpfchen und Kügelchen, offenbar einem Zerfallsproduct der Fasern, da man dazwischen längere Fäden in lauter kleine Kügelchen zerfallen sieht, so dass sie ein perlschnurartiges Aussehen besitzen. Die fibrilläre Structur der peripheren Glaskörperschichten tritt überaus deutlich zu Tage. Die Fibrillen sind zu dichten Zügen zusammengelagert. In den centralen Parthien sieht man meist einen vermehrten Eiweissgehalt.

Dass auch vereinzelt Lymphzellen und pigmentirte Zellen bei der Netzhautdegeneration in den Glaskörper übertreten, ist schon erwähnt. Auch Eiweisskugeln und einzelne Fettkörnchenzellen werden angetroffen. Diese Veränderungen sind immerhin so geringfügig, dass sie keine mit dem Spiegel nachweisbare Medientrübung bedingen.

In den späteren Stadien hat der Fibringehalt abgenommen, es fällt vor allem die überaus deutliche fibrilläre Structur auf.

Die Cornea bleibt meist ziemlich intact. Im ersten Stadium kann man zuweilen deutliche, allerdings nur geringfügige Veränderungen im Endothel antreffen. Das Zellprotoplasma ist auffallend gekörnt, die Kerne nicht gut gefärbt; auch kommen feine Eiweisströpfchen zwischen den

Zellen vor. Auf die Besprechung der in ganz vereinzelt Fällen beobachteten partiellen Hornhauttrübung komme ich noch später zurück. Die schon intra vitam einmal beobachtete starke Verbreiterung des am Limbus gelegenen Pigmentsaumes liess sich auch mikroskopisch überaus deutlich nachweisen. Die Zone der pigmentirten Epithelzellen war cornealwärts weithin gewuchert.

Im Kammerwasser lassen sich im ersten Stadium zahlreiche Fibrinfäden nachweisen.

In der Iris enthalten die Gefässe des betreffenden Bezirks in den ersten Tagen theils Blut, theils Eiweiss und Fibrinfäden, theils sind sie leer. Bis auf eine geringfügige Durchtränkung des Gewebes mit serösem Transsudat und Austritt vereinzelter rother und weisser Blutkörper kommen keine deutlichen Structurveränderungen vor. Nur zuweilen findet sich eine stärkere venöse Hyperämie, wohl durch Rückströmen des Blutes in den Venen veranlasst. Vom Ciliarkörper und den Ciliarfortsätzen gilt dasselbe. Auch hier kommen neben venöser Hyperämie kleine Hämorrhagien vor. Die Circulation stellt sich hier ja bald vollkommen wieder her, sodass man meist weiterhin keine Veränderungen mehr findet. Nur in dem schon vorher erwähnten Fall war die Circulation mangelhaft hergestellt, so dass es zu einer Schrumpfung der Iris und Atrophie des Ciliarkörpers mit Retraction derselben nach hinten und mit Verwachsung des Kammerwinkels kam; das atrophirte Irisgewebe war gefässarm.

Auch in der Linse kommen gewisse constante Veränderungen vor, die auf eine feinere Ernährungsstörung zu beziehen sind.

Intra vitam lässt sich meist keine Aenderung der Durchsichtigkeit nachweisen, die Linse bleibt klar. Nur in dem mehrfach erwähnten Fall sah ich nach einigen Monaten eine deutliche Katarakta incipiens auftreten in Gestalt zarter Speichen in der hinteren und vorderen Corticalis,

die am Aequator confluirten, und einer scheibenförmigen Trübung am hinteren Linsenpol. Es war dieses jener Fall, in dem die Circulationsstörung nur unvollkommen ausgeglichen wurde.

Anatomisch finden sich constant Veränderungen, die auf eine vorübergehende Zunahme des Eiweissgehaltes in der Linse und auf eine vorübergehende geringe Schädigung des vorderen Linsenepithels zu beziehen sind. In den ersten Wochen nach der Durchschneidung sind die Zellen aufgequollen, feinkörnig getrübt, die Kerne wenig intensiv gefärbt; zwischen den Zellen und zwischen Zellen und Kapsel liegen kleine Eiweisströpfchen; die Kerne der Kernzone lassen zum Theil Degenerationsformen erkennen. Selbst bei einem Versuch von 24 Tagen waren die Veränderungen noch deutlich ausgesprochen. Die Linsenfasern erscheinen feinkörnig getrübt. Constant ist viel krümeliges Eiweiss zwischen den Fasern und zwischen Fasern und Epithelzellen und hinterer Linsenkapsel anzutreffen. Wenn auch schon derartige Bilder bei Härtung normaler Linsen, vor allem bei Anwendung der Flemming'schen Lösung angetroffen werden, so deutet doch der überaus massenhafte Befund von geronnenem Eiweiss in diesen Linsen entschieden auf eine Zunahme des Eiweissgehaltes hin.

In zwei Fällen fand sich sogar eine spontane Perforation der Linsenkapsel am hinteren Pol. Die Kapselenden waren nach aussen umgeschlagen, und eine dicke Flocke von amorphem Eiweiss war in den Glaskörper zapfenförmig nach hinten vorgequollen. Wenn auch die Perforation erst durch Quellung der Linse in der Härtungsflüssigkeit entstanden ist, da eine solche Perforation intra vitam ophthalmoskopisch hätte wahrgenommen werden müssen, so ist doch ein schon im Leben bestandener, abnormer Eiweissgehalt zum Zustandekommen einer solchen starken Aufquellung erforderlich, da ebenso behandelte Linsen normaler Augen diesen massenhaften Eiweissgehalt vermissen lassen.

Nach einiger Zeit, ca. einem Monat nach der Durchschneidung, ist die Kernfärbung der Epithelzellen wieder gut und der Eiweissgehalt der Linse bedeutend geringer.

An einem Auge von 60 Tagen nach der Durchschneidung findet sich an der Innenfläche der Kapsel eine durch eine feine Linie abgrenzbare Glashautlamelle, während bei anderen Thieren aus dieser oder früherer Zeit die Linsenkapsel vollständig homogen erscheint und diese Trennungslinie nicht erkennen lässt.

Besonderes Interesse bietet die Linse des Thieres, das ich neun Monate nach der Durchschneidung getödtet habe, und bei dem, wie mehrfach erwähnt, schon *intra vitam* eine Katarakta *incipiens* auftrat. Die vordere Linsenkapsel ist ziemlich dick, misst 0,027 mm und zeigt eine feine bis zur hinteren Linsenkapsel sich fortsetzende Trennungslinie, die innen eine Lamelle abtrennt, die gerade ein Drittel der ganzen Kapseldicke, also 0,009 mm, ausmacht. Das vordere Kapselepithel ist normal, von guter Kernfärbung. Auf allen Seiten erstreckt sich das Epithel abnorm weit auf die hintere Linsenkapsel, besonders auf der temporalen Seite, wo es bis zum hinteren Linsenpol reicht. Die auf der hinteren Linsenkapsel befindlichen Zellen sind gewuchert und bilden mehrere Lagen verschieden gestalteter Zellen, die zum Theil das Aussehen der Bläschenzellen darbieten. Die Linsenfasern enden auf dieser Zellwucherung kolbig verdickt. In den Corticalschichten finden sich einzelne Streifen, in denen die Linsenfasern zerfallen sind, und in denen Eiweiss- und Myelinkugeln in Spalten zwischen den Fasern liegen. Ebenso kommt am hinteren Linsenpol zwischen den Zellhaufen auf der Linsenkapsel und dem Linsenkörper eine Schicht von Eiweiss und Myelin und amorphem Detritus vor, und von dieser Stelle strahlen Zellwucherungen zwischen die hinteren Corticalschichten aus. Im übrigen macht der Kern einen sclerosirten Eindruck. Am centralen Ende des Kernbogens findet sich eine grosse Anzahl auffallend

kleiner, intensiv gefärbter Kerne, während die peripherischen Kerne gross und normal gebildet sind.

Während also für gewöhnlich nur eine vorübergehende geringfügige Schädigung der Linse in der genannten Richtung durch die Durchschneidung einzelner Ciliararterien bedingt wird, die bei dem baldigen Ausgleich der Circulationsstörung keine weiteren Folgen zurücklässt, so kam es bei diesem Thier zu einer tieferen Ernährungsstörung, da die Circulationsstörung von vornherein hochgradiger war, so dass, wie oben erwähnt, die Grenze dessen, was das Auge verträgt, soeben erreicht wurde, und da auch der Ausgleich der Circulationsstörung kein so vollkommener wie sonst war.

Interessant ist der Befund an der Linsenkapsel. Er scheint mir eine weitere wichtige Stütze für die durch die ausführliche Arbeit Schirmer's¹⁾ und die Befunde von mir²⁾ neuerdings als höchst wahrscheinlich hingestellte Annahme zu sein, dass das Kapselepithel die Kapselsubstanz ausscheide, und ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil hier keinerlei directe Läsion der Linse vorliegt. Ich möchte das nach innen von der Trennungslinie gelegene Kapselblatt als neugebildet ansehen. Die durch die Durchschneidung bedingte Ernährungsstörung der Zellen hat die regelrechte Absonderung und Anlagerung der Kapselsubstanz unterbrochen. Die Zellen haben sich wieder erholt und von neuem Kapselsubstanz ausgeschieden und zwar, wie es scheint, in Folge des pathologischen Reizes, dem sie ausgesetzt waren, abnorm viel, denn es ist eine verhältnissmässig dicke Schicht angesetzt und die Kapsel in toto etwas verdickt, wenn ich die von Schirmer angeführten Maasse zu Grunde lege. Die Störung in der Anlagerung der Kapselsubstanz ist durch die Trennungslinie dauernd markirt.

Bei dem anderen Thier, bei dem ich denselben Befund

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXXV, 1.

²⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXXV, 1.

an der Linsenkapsel fand, war die an der Innenfläche aufgelagerte Lamelle dem früheren Stadium entsprechend — das Thier war nach 60 Tagen getödtet — bedeutend dünner.

Ich habe schon früher angeführt, dass sich bei der Durchschneidung der Ciliararterien nicht immer vermeiden liess, eine der Venae vorticosae mit zu treffen, dass ich aber keinen besonderen Unterschied in dem Verlauf der Veränderungen gefunden habe.

Um den Einfluss der Circulationsstörung nach alleiniger Durchschneidung der Venen zu verfolgen, habe ich in einer Reihe von Versuchen allein die Venae vorticosae durchtrennt. Doch habe ich vorläufig davon Abstand genommen, die Folgen der Unterbrechung der venösen Circulation weiter zu verfolgen, und will deshalb von meinen bisher darüber gewonnenen Resultaten nur soviel, als hier interessirt, und um etwaigen Einwänden zu begegnen, erwähnen, nämlich die Thatsache, dass nach der Durchschneidung z. B. von zwei Venae vorticosae auf derselben Seite keine Netzhauttrübung und späterhin keine Pigmentveränderungen auftraten.

II.

Durchschneidung der beiden langen Ciliararterien und eines Theils der kurzen hinteren.

Da ich bei der Durchschneidung einer Arteria ciliaris longa und einiger der kurzen hinteren Ciliararterien nur ganz vereinzelt der Grenze dessen, was das Auge ohne tiefgreifende Ernährungsstörung vertragen kann, nahe gekommen war, so reihte ich Versuche an, die absichtlich diese Grenze überschreiten sollten. Um den Opticus mit der Centralarterie zu erhalten, musste ich auf eine vollständige Vernichtung sämtlicher Ciliargefässe verzichten, da beim Versuch, den Opticus und die Arteria centralis retinae zu schonen, stets einige der kurzen hinteren Ciliararterien, die ja zum Theil

dicht am Sehnerven verlaufen, erhalten blieben. Ich begnügte mich, die beiden langen vollständig und eine Anzahl der kurzen hinteren, soweit ich sie mit der Scheere, ohne den Opticus zu verletzen, erreichen konnte, zu durchtrennen. Auch hierbei wurde sehr häufig die eine oder die andere der Venae vorticosae mit durchtrennt, auf deren Schonung ich kein besonderes Gewicht legte, da es mir ja darauf ankam, eine möglichst intensive Circulationsstörung in der Uvea hervorzurufen.

Dass ich es vermied, sämmtliche zum Bulbus gehende Gefässe zu durchtrennen, erwies sich insofern als günstig, als ich dadurch eine vollständige Necrose und Vereiterung des Bulbus verhinderte, so dass ich die Folgen dieser hochgradigen Ernährungsstörung durch verschiedene Stadien verfolgen konnte. Ich operirte so, dass ich erst die beiden langen Ciliararterien in der früher beschriebenen Weise einzeln aufsuchte und durchschnitt, wobei ein Theil des Externus und Internus mit durchtrennt werden musste. Im übrigen schonte ich die Augenmuskeln absichtlich. Darauf zog ich den Bulbus möglichst nach vorn und führte auf der Sclera hin Scheerenschnitte aus, die die kurzen hinteren Arterien treffen sollten, wobei ich jedoch den Opticus vermied. Die Blutung, die dem Eingriff folgte, war meist eine ziemlich erhebliche, doch durch Compression bald zu stillen.

Die Augen sind sofort nach der Durchschneidung ganz weich und bleiben es auch. Es entwickelt sich ziemlich rasch eine Phthisis bulbi. Die ophthalmoskopische Untersuchung ist nur eine beschränkte Zeit möglich, da sich stets ausgedehnte Medientrübungen, meist schon nach einem halben Tage einstellen. Die Pupille ist entweder vorübergehend verengt, oder sie wird gleich weit, oft zeigt sie sehr bald nach der Durchschneidung eine unregelmässige Form. Auch wird die vordere Kammer sehr bald durch Vordrängen der Iris seicht, zuweilen schon nach wenigen Minuten. Bei

albinotischen Thieren wird die Iris sofort nach der Durchschneidung auffallend blass und anämisch. Die Oberfläche der Iris wird bald unregelmässig, einzelne Parthien buckeln sich stärker vor, ferner treten Einziehungen und Faltenbildungen der Oberfläche zu Tage, die theils circulär, theils radiär gerichtet sind. Diese Veränderungen werden zuweilen nach wenigen Minuten, sonst aber stets innerhalb der ersten Stunden beobachtet.

Ophthalmoskopisch sieht man bei nicht albinotischen Thieren sofort nach der Operation nur eine beträchtliche Hyperämie der Papille und Retinalgefässe, wenn nicht ausnahmsweise durch eine Blutung in die Kammer oder den Glaskörper das Spiegeln unmöglich gemacht ist.

Doch schon nach einer halben Stunde ist eine ganz ausgedehnte, fast den ganzen Augenhintergrund einnehmende, weisse Trübung der Netzhaut zu erkennen, während die Netzhautgefässe geschlängelt und stark hyperämisch sind. Die grauweisse, faltige Netzhauttrübung nimmt rasch an Ausdehnung und Intensität zu, sodass nach ein bis zwei Stunden fast der ganze Augenhintergrund betroffen ist. Die Papillengrenzen sind verschwommen, die Markstrahlung wird mit in die Trübung hineingezogen. Neben flächenhaften Trübungen beobachtet man zahlreiche verschieden gestaltete und gerichtete, grössere und kleinere Falten; der Augenhintergrund in grosser Ausdehnung sieht wie eine Gehirnoberfläche oder eine Gebirgskarte aus.

Auch die Markflügel zeigen nach einigen Stunden deutliche Faltungen und Knickungen mit ausgesprochener parallactischer Verschiebung und mit Knickung der hyperämischen Gefässe; so konnte ich in einem Fall vorn vier und hinten drei verticale Falten der Markstrahlen beobachten. Bei albinotischen Thieren wird fast der ganze Augenhintergrund sehr anämisch, nur in der Gegend der Papille, besonders oberhalb derselben, bleibt die Circulation erhalten. Der Augenhintergrund nimmt stellenweise eine vollkommen

weisse Farbe an, nur noch von einzelnen schmalen blassen Venen durchzogen. In anderen Theilen sind die Venen besser gefüllt, nur die Arterien nahezu leer. Die Blutsäule ist in Arterien und Venen vielfach zerfallen, besonders wenn eine Vena vorticiosa mit durchtrennt ist, was wohl bei diesen ausgedehnten Durchschneidungen stets der Fall ist. Die Veränderungen sind ähnlich den oben beschriebenen, nur eben über das ganze ophthalmoskopische Gesichtsfeld ausgedehnt. Zuweilen erkennt man auch hier noch rückläufige Bewegungen in den Gefässen. Nach einer Stunde sind die Venen zum Theil besser gefüllt, offenbar durch rückläufiges Einstromen von Blut. Das Bild ist auch hier ein wechselvolles.

Die Trübung der Retina nimmt bald so zu, dass man Einzelheiten in der Chorioidea schwer sehen kann. Wenn ausserdem die Medientrübungen einsetzen, so bekommt man nur noch einen blass-röthlichen oder trüb-weisslichen Reflex.

Regelmässig treten, wie erwähnt, in diesen Fällen frühzeitig Medientrübungen auf, die in verschiedenen Theilen des Auges ihren Sitz haben. Constant beginnt meist schon nach einem halben Tage eine diffuse grauweisse Hornhauttrübung, die gewöhnlich am Rande zuerst einsetzt, sich gegen die Mitte rasch vorschiebt und dann die ganze Hornhaut gleichmässig einnimmt, zuweilen auf einer Seite rapider fortschreitend als in der übrigen Hornhaut. Die grauliche Trübung gleicht in ihrem Aussehen vollkommen der Trübung bei der parenchymatösen Keratitis des Menschen; man kann auch in ihr bei focaler Beleuchtung kleine intensiver getrübte Striche, Fleckchen und Wölkchen erkennen. Sie nimmt innerhalb der nächsten Tage an Intensität zu, die Farbe wird mehr grauweiss und milchig. Das Epithel ist dabei vollkommen erhalten, nur deutlich gestippt und verleiht der Oberfläche die bekannte Mattigkeit. Die Conjunctiva ist injicirt, doch secernirt sie in den meisten Fällen gar nicht. Die Wunde

heilt, wie in den bisher angeführten Versuchen, vollkommen aseptisch. Schon nach wenigen Tagen, meist vom dritten Tage ab, kann man eine beginnende Randvascularisation erkennen, die allmählich zunimmt und circulär vollkommen gleichmässig fortschreitet. Die Vascularisation besteht aus feinsten, dicht nebeneinander verlaufenden, gestreckten Gefässchen, die im Parenchym der Cornea, wie es scheint, ziemlich oberflächlich liegen. Auch dieses Bild gleicht vollständig dem bekannten Bild der Vascularisation bei parenchymatöser Keratitis des Menschen. Bei dem ganz analogen Verhalten und Aussehen beider Affectionen liegt die Vermuthung nahe, dass auch bei der parenchymatösen Keratitis des Menschen den eigentlichen Krankheitssitz die Gefässhaut bildet, und dass die Affection der Hornhaut erst secundäre Folge der Erkrankung jener ist.

Ausser dieser Hornhauttrübung stören aber im ersten Stadium noch andere Medientrübungen den Einblick ins Innere. So treten Blutungen in die vordere Kammer auf. Sie können sich zuerst auf der Irisoberfläche bemerkbar machen als feine circumscriphte Blutstreifen, sie können so beträchtlich sein, dass sich ein Hyphäma absetzt, oder sie sind mehr diffus, so dass der Inhalt der Kammer ein braunes, sanguinolentes Aussehen bekommt. Zuweilen werden zuerst Blutungen der Irishinterfläche oder des Ciliarkörpers beobachtet. Man sieht dann Blut im Glaskörper auftreten, oder man bemerkt auf der Linsenvorderfläche einen dünnen verticalen Blutstreif, der das Pupillargebiet zum Theil verdeckt und hinter der Iris verschwindet.

Fehlen Blutungen, so kann das erste, was man von Medientrübungen sieht, eine diffuse Trübung des Glaskörpers oder der Linse sein. Es ist nicht immer ganz leicht, die Trübung richtig zu localisiren.

Vom dritten Tage ab ist es gewöhnlich nicht mehr möglich, die Pupille und die Iris zu erkennen; die Hornhauttrübung und die Trübung des Kammerwassers hindern den Einblick.

Bei einem albinotischen Thier habe ich am zweiten Tage noch eine Besonderheit mit dem Spiegel constatiren können, nämlich eine Luxation der Linse. Das Auge war sehr weich, die Cornea schon deutlich parenchymatös getrübt, die Pupille weit, vertical oval, die anämische Irisoberfläche stark unregelmässig mit vielfachen circulären und radiären Einziehungen und Vorbucklungen; der untere äussere Theil des Pupillarrands war nach innen umgeklappt. Die Linse zeigte sich nach unten, innen und mit dem oberen Rand nach hinten luxirt, der convexe Linsenrand stand etwa in der Mitte der Pupille. Ob die Linse noch vollständig klar war, war nicht ganz sicher zu sagen. Man sah mit dem Augenspiegel keine Einzelheiten und bekam nur einen blass-röthlichen, weissen Reflex aus der Tiefe. Tags darauf hatte die Hornhauttrübung noch zugenommen, und eine schmutzige sanguinolente Flüssigkeit war in die vordere Kammer ergossen.

Vom dritten Tage ab also ist der Einblick nicht mehr möglich. Die Vascularisation der Hornhaut schreitet verhältnissmässig schnell nach dem Hornhautcentrum zu vorwärts. Die Oberfläche der Cornea ist matt und trocken. Das Auge wird frei geöffnet, die Conjunctiva ist bis auf deutliche Injection der Conjunctiva bulbi normal. Die Trübung der Hornhaut wird zuweilen dichter und gleicht einer tiefen Infiltration. Die Vascularisationsschicht ist meist zart roth, nur ab und zu stärker geröthet und damit zugleich dichter und wulstig. In diesem Stadium kommt eine Complication mit Ulceration der Hornhaut vor, indem sich das Epithel auf der Mitte abstösst, und ein Ulcus mit käsig aussehendem Grund entsteht. Dabei fängt das Auge an zu secerniren, und der Process nimmt einen eitrigen Charakter an. Es ist schwer zu sagen, ob die eitrige Infiltration durch eine hinzugetretene Infection bedingt wird, oder ob sie die Folge einer zu tief greifenden Ernährungsstörung ist, die zu einer Necrose des Bulbus führt. In letzterem Fall würde

der necrotische Bulbus auf die Umgebung einen entzündlichen Reiz ausüben, der zur Einwanderung von Rundzellen und Vordringen von Gefässen führte und schliesslich eine Elimination des Necrotischen im Gefolge hätte. Es scheint nur ein gradueller Unterschied in der Reaction auf den Eingriff vorzuliegen, wie ja die Tiefe der Ernährungsstörung, je nachdem man die Gefässe vollständiger zerstört hat, graduell verschieden ist. Doch will ich mich auf diese Frage hier nicht näher einlassen.

In den nicht zur Eiterung und vollständigen Necrose führenden Fällen erreicht die Vascularisation etwa nach zwei bis drei Wochen ihren Höhepunkt, blasst ab und geht langsam zurück. Während dessen ist der Bulbus schon bedeutend geschrumpft, und die Hornhaut, die auch schon kleiner geworden ist, verliert die gleichmässige Wölbung und wird kegelförmig. Sowie die Vascularisation nach und nach zurückgeht, wird die Cornea klarer; anfangs hat sie noch eine schmutzig grauweisse Farbe, doch hellt sie sich immer mehr auf, so dass man wieder Gewebe in der Tiefe zu Gesicht bekommt. Es sind braune und graue Massen, anscheinend Reste von Blut, Exsudat und Irisgewebe. Eine vordere Kammer scheint zu fehlen. Weiterhin wird der Bulbus noch kleiner, seine Spannung wird aber besser, bis schliesslich ein kleines phthisisches Auge mit ziemlich aufgehellter Hornhaut zurückbleibt. In einem Fall blieb noch eine horizontale, quere Hornhauttrübung bestehen. Der kleine Stumpf lag in der Orbita zurückgesunken, die Conjunctiva war bis auf einzelne ausgedehnte Gefässe normal und blass.

Um durch die Injection den Erfolg der Gefässdurchschneidung zu controlliren, benutzte ich einige Versuche der ersten Tage zur makroskopischen Demonstration. So fanden sich bei einem Thierte, das ich am dritten Tage nach der Durchschneidung tödtete und injicirte, die Iris und der Ciliarkörper fast vollkommen frei von Injections-

masse. Der Vorderfläche der Iris lag ein dichtes Fibringerinnsel, das auch Blut einschloss, auf; die Hinterfläche der Iris und des Ciliarkörpers war mit einer dünnen Blutschicht bedeckt. Von der Aderhaut war nur ein schmaler Bezirk in der Umgebung der Papille und ein Streif oberhalb derselben gut injicirt, die ganze übrige Aderhaut enthielt keine Injectionsmasse. Auch der Aderhaut lag ein dünnes Fibrin- und Blutgerinnsel in grosser Ausdehnung auf. Die Retinalgefässe dagegen waren vollkommen schön injicirt.

In der Folgezeit stellt sich ein Theil der Circulation wieder her, wenn auch in grossen Bezirken nur spärlich und unvollkommen. Dazu kommen noch zahlreiche Gefässneubildungen. Von der Conjunctiva aus dringen massenhafte Gefässe in die Cornea ein, überziehen auch die Scleraloberfläche mit einem dichten Netz und senken sich in die Sclera hinein; ich fand selbst auf der Innenseite der Sclera neugebildete Gefässe, die in die Aderhaut vordrangen. Am Limbus finden sich grössere Aeste, die die Sclera durchsetzen und zum Ciliarkörper und zur Iris gehen. Die Muskelarterien sind enorm ausgedehnt. So kommt es, dass man in späten Stadien wieder Injectionsmasse in der Aderhaut, in dem destruirten Ciliarkörper und Irisgewebe vorfindet. Gerade diese Fälle, in denen die Aderhautcirculation nicht vollkommen vernichtet ist, in denen sich eine, wenn auch nur unvollkommene, Circulation wieder herstellen kann, enden mit einer Phthisis bulbi; es kommt zu keiner vollständigen Necrose des ganzen Bulbus, sondern nur zu einer schweren Ernährungsstörung und rapiden Degeneration einzelner Theile.

Die Form des Auges leidet dem klinischen Bild entsprechend. Schon nach drei Tagen ist der Bulbus merklich verkleinert, und man erkennt in der schlaffen Sclera Eindrücke der Augenmuskeln. Später haben sich die Umhüllungsmembranen dem verringerten Volumen besser angepasst; der hintere Bulbusabschnitt ist besonders stark ver-

kleinert; die Muskeln liegen in tiefen Rinnen der Sclera. Die Maasse eines solchen Auges betragen auf den Durchschnitt z. B. nach sieben Wochen, vom Hornhautscheitel bis zum hinteren Augenpol, 12,5 mm und in der Ebene des verticalen Meridians von oben nach unten 12 mm, wovon 8 mm auf die Linse kamen. Die Hornhaut war etwas verdickt, es hatte sich eine ganz seichte vordere Kammer wieder hergestellt, der Glaskörperraum war vollständig geschwunden und die Linse stiess fast unmittelbar an die elevirte Papille.

Die anatomischen Veränderungen dieser Vorgänge bieten viel Interessantes, doch will ich nur kurz das wichtigste anführen. Zunächst interessirt das auch klinisch am meisten in die Augen springende Verhalten der Cornea. An Injectionspräparaten, die bald nach Ausführung der Durchschneidung der Ciliargefässe unternommen werden, findet sich das Randschlingennetz der Cornea in grosser Ausdehnung nicht gefüllt; nur an einigen Stellen enthalten die Gefässe etwas Injectionsmasse. Es kommt sehr bald zu einer enormen Verdickung der Hornhaut, die in der Peripherie sich zuerst bemerkbar macht und am stärksten entwickelt ist. Die dünne Kaninchencornea quillt zu einer mehrere mm dicken Membran auf. Zuerst ist das Centrum noch weniger stark verdickt. Von innen gesehen springt die Innenfläche der Cornea in den Raum der vorderen Kammer vor und hat nach dem Centrum zu gerichtete Falten; die mittlere Parthie erscheint trichterförmig eingesunken, das Bild gleicht einem Blütenkelch. Weiterhin quillt auch das Centrum gleichmässig auf, die innere Oberfläche ist zuweilen sogar nach hinten convex geworden. Durch Behandeln der frischen Hornhaut eines frühen Stadiums mit Argent. nitric. konnte ich constatiren, dass das Endothel so gut wie ganz fehlte.

Mikroskopisch findet man eine starke Aufquellung der Hornhautlamellen, Durchtränkung mit eiweissreicher Flüssigkeit, massenhaftes Auftreten von Fibrin und eine an-

fangs mässige Einwanderung von Lymphkörperchen. Das Auftreten von Fibrin in der Hornhaut ist, sowie die parenchymatöse Trübung auftritt, constant. Die Reichhaltigkeit an Fibrin ist am stärksten in der Peripherie, in der es auch zuerst auftritt, und nimmt nach dem Centrum zu ab. Das Fibrin kommt constant in zwei Formen vor, einmal in unregelmässigen, weit verzweigten feinen Netzen und sodann in knäueiförmigen Nestern ähnlich denen, die im Glaskörper beobachtet werden. Bei den letzteren, den knäueiförmigen Nestern, die das am meisten in die Augen springende Vorkommen sind, sieht man meist um eine Zelle ein dichtes Bündel sich wirt überkreuzender Fibrinfäden. Von der Zelle, die ich im Centrum eines solchen Knäuels finde, lässt sich nicht immer sicher entscheiden, ob sie eine Lymphzelle oder ein Hornhautkörperchen ist. Es scheint beides vorzukommen, und zwar das erstere als das häufigere. Die Knäuel liegen ziemlich dicht beisammen und sind schon bei schwacher Vergrösserung als dunkle Fleckchen zu erkennen. Die Bilder stimmen ganz mit den von Leber¹⁾ zuerst bekannt gegebenen Bildern von Fibringerinnung im Gewebe der Hornhaut überein, die er nach Impfung von Aspergillussporen in die vordere Kammer von Kaninchen erhielt. Doch beobachtete ich constant nur die beiden genannten Formen, die von Leber angegebenen ungewöhnlichen Gerinnungsformen habe ich bei meinen Versuchen nicht gesehen; auch konnte ich in einer grossen Anzahl der Knäuel eine Zelle im Inneren sicher nachweisen.

Die Hornhaut wird also mit einer äusserst fibrinreichen Flüssigkeit von der Peripherie her durchtränkt, und es kommt dann im Gewebe der Hornhaut zur Gerinnung des Fibrins. Offenbar geben die Zellen in der Hornhaut dazu Veranlassung, dass sich um sie ein besonders dichtes Netz niederschlägt, wie ja bekanntlich das Fibrin um sich bietende Stützpunkte besonders gern und rasch gerinnt.

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XXXV, 1.

Dass es sich wirklich um Fibrin handelt, habe ich durch die bekannten und von Leber bei seinen Befunden ausführlich dargelegten Reactionen sicher nachweisen können. Nur wollte auch mir die Weigert'sche Färbung keine guten Bilder geben, da ich die Augen in Müller'scher Flüssigkeit und Flemming'scher Lösung gehärtet habe.

Um das Verhalten der Hornhautkörperchen im ersten Stadium kennen zu lernen, habe ich solche Hornhäute in Holzessig gehärtet und auf Quer- und Flachschnitten untersucht. Die Hornhautkörperchen sind erhalten, man bekommt nach Hämatoxylinfärbung grösstentheils noch ganz gute Kernfärbung.

Während anfangs der Gehalt an Lymphkörperchen ein mässiger ist, nimmt die Infiltration der Hornhaut in den nächstfolgenden Tagen beträchtlich zu. Hand in Hand geht das Eindringen von Gefässen in die Corneagrundsubstanz, das sich bis in die tiefsten Hornhautschichten erstreckt. Ueberall, wo Gefässe sind, kommen dichte Züge von Eiterkörperchen zwischen den Gefässen vor, und die Fibrinknäuel verschwinden. Auch die an die Vascularisation grenzende, centralwärts gelegene Zone ist dicht infiltrirt. Sowie die Gefässe in die Hornhaut vordringen, findet gleichzeitig eine äusserst lebhaftere Regeneration der Grundsubstanz statt. Man sieht verschieden gestaltete Zellen, theils in grosser Zahl lange, spindelförmige, mit zum Theil sehr langen Fortsätzen, theils Zellen mit mehreren Fortsätzen, auch solche mit mehreren Kernen.

Ob diese Zellen von Lymphzellen oder von Hornhautkörperchen abstammen, ist nicht sicher zu sagen. Bei einem Thier, das ich dreizehn Tage nach der Durchschneidung tödtete, bei dem die Vascularisation den Höhepunkt nahezu erreicht hatte, fand ich noch in jedem Schnitt Mitosen, darunter unzweifelhaft solche von Hornhautkörperchen.

In den späteren Stadien gehen die Vascularisation und die Infiltration zurück, die Hornhautstructur nähert sich

wieder der normalen Anordnung, nur dass die Fibrillen verdickt bleiben und ungleichförmiger gelagert sind. Noch späthin trifft man Reste von obliterirten Gefässen, Lymphzellen und Detritus an. Der Schrumpfung des Hornhautdurchmessers entspricht eine Faltung der Descemet'schen Membran, auf der man später wieder einen Endothelbelag antrifft.

Das Hornhautepithel zeigt im ersten Stadium ausser Vacuolenbildungen, Verbreiterung der intracellularen Lücken und einer Auflockerung ziemlich normale Beschaffenheit; in späteren Stadien findet man es mehrfach verdickt.

Ueberblickt man die eben geschilderten Vorgänge an der Hornhaut vom allgemeinen pathologischen Standpunkt aus, so muss man sie als eine experimentell erzeugte parenchymatöse Entzündung auffassen. Die in ihrer Ernährung schwer geschädigte und der Necrose offenbar nahe gebrachte Grundsubstanz ist das entzündungserregende Agens. Die Entzündung verläuft nach einem constanten Typus: fibrinöse Durchtränkung, Eindringen von Lymphzellen, Vordringen von Gefässen und Hand in Hand damit Regenerationsvorgänge. Je nach der Tiefe der Ernährungsstörung ist die Entzündung verschieden hochgradig.

Die vordere Kammer nimmt im ersten Stadium nach der Durchschneidung bald an Tiefe ab; nach zwölf Stunden ist die seichte Kammer von einem fibrin- und eiweissreichen Kammerwasser ausgefüllt. Demselben mischen sich dann weiterhin rothe und weisse Blutkörperchen, und auffallend viel freigewordenes Pigment, das von der Iris und dem Ciliarkörper stammt, bei. Letzteres kann sehr reichlich ausgeschwemmt werden und am Boden der Kammer einen dicken Absatz bilden. Weiterhin fehlt eine eigentliche vordere Kammer; nur eine dünne Exsudatschicht findet sich zwischen Iris und Hornhaut. Wenn die Veränderungen rückgängig sind, so kann wohl auch eine seichte vordere Kammer wieder hergestellt werden.

Der Glaskörper schwindet äusserst schnell. Anfangs ist er stark getrübt, von Fibrin- und amorpher Eiweisssubstanz durchsetzt. Es kommt zu einer schnellen Schrumpfung und vorderen und hinteren Glaskörperablösung; die Fibrillen sind zu äusserst dichten welligen Bündeln zusammengedrängt, von Rundzellen und Fibrinnetzen durchsetzt.

In den phthisischen Augen findet man vom Glaskörper nur noch eine ganz dünne der hinteren Linsenkapsel aufgelagerte Schicht eines faserigen, wenig Zellen, aber freies Pigment einschliessenden Gewebes, von der ein dünner Strang ebensolchen Gewebes zur Papille geht.

Die Iris und der Ciliarkörper fallen ebenfalls einer starken Destruction des Gewebes anheim. In den ersten Tagen findet man sie enorm verdickt, gequollen, mit feinkörniger Eiweisssubstanz durchsetzt, mässig stark zellig infiltrirt, von schlechter Kernfärbung. Auch Blutungen kommen im Gewebe vor. Die Gefässe sind theils stark mit Blut angefüllt, theils bis auf Eiweiss- und Fibrinnetze leer. Die Faltungen und Retractionen der Iris habe ich oben erwähnt; der Ciliarkörper ist stark nach vorn gezogen. Auffallend ist, dass die Pigmentmolecüle zum grossen Theil aus den Zellen austreten, und dass die Pigmentzellen vielfach abgestossen werden. Die Vorder- und Hinterfläche der Iris und die Oberfläche des Ciliarkörpers ist mit fibrinösem, pigmentreichem und hämorrhagischem Exsudat bedeckt. Wo sich in der Iris die Circulation herstellt, bleibt das Gewebe relativ besser erhalten; im Uebrigen geht es bis zur Unkenntlichkeit unter. In den phthisischen Augen findet man an Stelle der Iris und des Ciliarkörpers ein Bindegewebe, in dem grosse Züge von Pigmentzellen unregelmässig verlaufen. Mit der Linsenkapsel hängt dieses Gewebe durch ein organisirtes Exsudat fest zusammen. Die Pupille ist vollkommen verlegt. Man erkennt noch die Grenze des alten Iris- und Ciliarkörpergewebes an einer oder mehreren Lagen von Epithelzellen, die zum grossen Theil pigmentlos

auf einer Basalmembran liegen, die drusenähnliche Verdickungen aufweist. Das Gewebe ist vascularisirt; der Gefässverlauf ein unregelmässiger.

Die Veränderungen der Aderhaut bestehen ebenfalls in einer Verdickung, blutigen Infiltration, mässigen Rundzelleneinwanderung, schlechten Kernfärbung. In einem grossen Theil der Aderhaut kehrt die Circulation zurück, da ich ja einen Theil der kurzen hinteren Ciliararterien schonte. Wo sie gar nicht oder nur mangelhaft wiederkehrt, findet sich später eine bindegewebige Degeneration.

Um die Veränderungen der Linse zu erkennen, habe ich ein Auge, bei dem ich vier Tage vorher die Ciliargefässe in der genannten Ausdehnung durchschnitten hatte, und bei dem die typische Hornhauttrübung aufgetreten war, enucleirt und frisch eröffnet. Die Linse hatte an Durchsichtigkeit ganz erheblich verloren, war ziemlich gleichmässig, nur in den Aequatorialtheilen etwas stärker, grauweisslich getrübt. Eine Speichenbildung war nicht nachweisbar, die Trübung war bis auf einzelne, kleine, intensiver getrühte Wölkchen ziemlich diffus. Nach Härtung in Salpetersäure und Einbettung in Celloidin constatirte ich hochgradige Veränderungen. Die Epithelzellen waren durch Eiweissmassen grösstentheils von der Kapsel abgedrängt, zu Haufen zusammengeschoben; die Kernfärbung höchst mangelhaft. Die jüngsten Fasern im Linsenäquator waren zerfallen, von dem Kernbogen erkannte man in dem Detritus nur noch Reste. Auch von der Hinterkapsel waren die Fasern durch Eiweissmassen abgedrängt. Ueberall liess sich eine stark feinkörnige Trübung der Linsenfasern nachweisen; ein Theil der Fasern war zerfallen; an anderen Stellen waren zwischen den Fasern massenhafte Lücken, die mit amorpher Eiweisssubstanz, mit Myelin und Eiweiss in Kugelform angefüllt waren, anzutreffen. Der Kern war relativ besser erhalten. Denselben Befund habe ich noch an zwei frisch dem Auge entnommenen Linsen gefunden. Eine die-

ser Linsen habe ich ohne vorherige Härtung untersucht. Zieht man die Kapsel ab, so fällt sofort die Weichheit der Linsensubstanz auf. Frisch unter das Mikroskop gebracht, liess sie den oben genannten Befund bestätigen.

Es handelt sich also um eine acute schwere Ernährungsstörung der Linse, die der vollständigen Necrose nahesteht, um eine acut auftretende Katarakt mit Erweichung.

In den späteren Stadien schrumpft die Linse ein wenig, wenn sie auch in den phthisischen Augen noch relativ am besten erhalten ist und fast den ganzen Inhalt des Stumpfes ausmacht. Der äusseren Oberfläche der Linsenkapsel liegt eine dicke Schicht von organisirtem, viel Pigment enthaltendem Exsudat auf, das durch Schrumpfung die Kapsel in Falten zieht. Das Kapselepithel überdeckt nur unvollkommen die innere Oberfläche der Vorderkapsel, auf grossen Strecken fehlt es, an anderen Stellen ist es gewuchert und zeigt das Bild eines Vorderkapselstaars mit mässig viel glashäutiger Zwischensubstanz. Im Linsenäquator liegen grosse Haufen von Zellen, eine eigentliche Kernzone fehlt noch lange Zeit, doch werden später Regenerationsformen von Fasern gefunden. Die Linse enthält noch viel Detritus und amorphes Eiweiss in Spalten zwischen den Fasern. Der Kern ist am besten erhalten. Dass wirklich die Linse kataraktös getrübt bleibt, konnte ich an einem frisch eröffneten Auge, an dem vier Wochen vorher die Durchschneidung gemacht war, constatiren.

Die Netzhaut zeigt im ersten Stadium der ausgedehnten Trübung, soweit die Aderhautcirculation fehlt, die oben beschriebenen Veränderungen dieses Stadiums. Besonders auffällig ist hier die starke Faltenbildung, die durch die plötzliche und beträchtliche Volumensabnahme des Bulbus zu erklären ist. Diesem Stadium schliesst sich eine weitgehende Degeneration an. Auch Lymphzellen wandern in die Netzhaut ein. Beachtenswerth ist, dass soweit grössere Falten abgelöst sind, die Veränderungen hauptsächlich auf die

äusseren Schichten beschränkt bleiben. Die Nervenfaserschicht ist anfangs relativ gut erhalten. Ich habe noch am 8. Tage nach der Durchschneidung auf der Papille und eine Strecke weit in der Netzhaut vollständig gute Färbung mit Weigert'scher Lösung erhalten. In der Peripherie sind die Fasern jedoch zerfallen. Die Netzhautgefässe sind vollständig gut injicirt und eher stärker ausgedehnt als normal. Sowie der Bulbus kleiner wird, erscheint die Papille in den Bulbusraum vorgedrängt und stark elevirt, ein Befund, der aus phthisischen Augen bekannt ist.

In den späteren Stadien findet man wieder verschiedene Grade der Degeneration der Netzhaut nebeneinander. Wo die Aderhautcirculation nicht betroffen ist, hat die Netzhaut noch annähernd normale Structur; von da bis zu vollständigem Schwund sieht man zahlreiche Uebergänge. Auch Proliferationsvorgänge kommen später an den Stützfäsern vor. Die Bilder gleichen der bekannten bindegewebigen Degeneration der Netzhaut z. B. bei Ablatio retinae. In diesem Stadium zeigen auch die Nervenfasern in der Netzhaut und auf der Papille eine erhebliche Degeneration mit starker Wucherung des interstitiellen Gewebes. Am Pigmentepithel finden sich die oben beschriebenen Veränderungen. Zwischen der Netzhaut und dem abgelösten, vollständig geschrumpften Glaskörper liegt eine fibrin- und eiweissreiche Masse.

III.

Durchschneidung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Arteria centralis retinae.

Zur Durchschneidung des Opticus bediente ich mich folgender Methode: Am luxirten Auge schnitt ich die Conjunctiva über dem Musc. rect. superior ein, tenotomirte den Muskel, wobei ich an seinen seitlichen Enden eine Verletzung der Venae vorticosae zu vermeiden hatte, durch-

trennte dann weiter den Retractor und präparirte stumpf vorgehend den Opticus frei. Mit Vortheil nahm ich zuweilen den Bulbus auf den v. Welz'schen Löffel; ich konnte so den Bulbus besser nach vorn ziehen. Dann durchschnitt ich mit einer Scheere den Nerven nur wenig entfernt vom Auge (ca. 2 mm). Beim Einführen der Scheere und bei dem Act des Durchschneidens vermied ich es sorgsam, irgend etwas mit zu verletzen. Es gelang auf diese Weise fast immer, den Nerven nahezu blutleer zu durchtrennen. Dann liess ich das Auge in die Orbita zurückgleiten.

Die Pupille wird nach der Durchschneidung weit und auf Lichteinfall reactionslos und bleibt so; die Empfindlichkeit der Hornhaut ist unverändert. Bei dieser Durchschneidung, bei der die Art. centr. retinae nicht mit getroffen ist, sind die ophthalmoskopischen Befunde sehr einfach. Die Papille kann vorübergehend etwas geröthet sein, aber schon nach einem Tage ist der Befund vollkommen normal. Das ophthalmoskopische Bild bleibt normal, bis ca. nach drei Wochen eine weisse Verfärbung der Papille sich bemerkbar macht. Fast gleichzeitig nehmen auch die Markflügel eine etwas blässere Farbe an. Zwischen dem ersten und zweiten Monat entwickelt sich eine langsam, aber stetig zunehmende Atrophie der Markstrahlen. Dieselben werden gleichmässig dünner, zuweilen lässt sich eine grauweisse Fleckung erkennen. Schon nach zwei Monaten ist die Atrophie der Markstrahlen eine erhebliche, die nach oben und unten von der Papille ausstrahlenden Bündel sind fast vollständig geschwunden. Die Atrophie nimmt immer mehr zu, die Retinalgefässe verlaufen schliesslich nur noch begleitet von einem grauen Saum quer über den rothen Augenhintergrund. Bei albinotischen Thieren tritt dieser graue Saum, offenbar der Rest des Bindegewebes, auf dem hellrothen Augenhintergrund weniger deutlich hervor; hier kreuzen die Retinalgefässe die vertical verlaufenden Aderhautgefässe.

Nach fünf Monaten fand ich am Papillenrand nur noch einen ganz kurzen weissen Keil sich links und rechts ansetzen, im übrigen waren die Markflügel bis auf den grauen Reflex den Gefässen entlang vollständig geschwunden. In diesem späten Stadium verliert die Retina in toto etwas an Durchsichtigkeit, man kann in der Peripherie einen ganz zarten grauen Schimmer erkennen. Die Papille ist weiss, tiefer excavirt als normal, man erkennt auf dem Grund ein graues Maschenwerk. Es handelt sich um eine atrophische Excavation.

Ein Thier habe ich sechs Monate nach der Durchschneidung getödtet. Hier waren die Markflügel so gut wie vollständig geschwunden. Auf der tief excavirten, weisslichen Papille traten die Netzhautgefässe in unverminderter Zahl und Füllung in die Retina über. Die erwähnte Undurchsichtigkeit der Netzhaut hatte noch etwas zugenommen und stellte sich als zarter Hauch dar. Pigmentveränderungen fehlten nach wie vor vollständig.

Der anatomische Befund ist auch ziemlich einfach. In frühen Stadien bemerkt man gar keine Veränderungen der Retina. Die beiden Enden der durchschnittenen Nerven überziehen sich rasch mit jungem Bindegewebe; das centrale Stück implantirt sich meist unterhalb des Foramen sclerae am Bulbus. Nach sieben Tagen fand ich die Schnittenden mit jungem Bindegewebe überzogen und zellreicher; die Scheide war aufgelockert, verdickt; am vorderen Ende des centralen Querschnitts traf ich vereinzelt Riesenzellen an und daneben Häufchen von grossen epitheloiden Zellen mit einem opaken, feinkörnigen Protoplasma. An der Schnittfläche war ein Zerfall der Nervenfasern, die in der Retina noch vollkommen normal waren, zu erkennen. Auch nach drei Wochen ist der Zerfall der nervösen Elemente in der Netzhaut noch wenig ausgesprochen. Die Atrophie des bulbären Opticusstumpfes ist bis in die Papille vorgeschritten, auch in der Netzhaut trifft man schon

in der Nervenfaserschicht Zerfallsproducte von Fasern an, doch ist mit Weigert'scher Färbung noch vollkommen gute Färbung der Faserbündel in anscheinend normaler Zahl zu erzielen. Die Ganglienzellen sind auch noch bis auf einige in körniger Degeneration begriffene Zellen ziemlich normal, nur sind mit Weigert'scher Färbung keine deutlichen Fortsätze in die Retina nachzuweisen.

Nach zwei Monaten ist die Atrophie der nervösen Elemente ziemlich weit gediehen. Der seitlich verschmälerte und in geringem Grade zellig infiltrirte bulbäre Opticusstumpf besteht grösstentheils aus einem feinmaschigen Netzwerk mit vielfach verästelten Zellen. An einigen Stellen fehlen die Nervenfasern gänzlich, an anderen sind noch vereinzelte nachweisbar und zwar regionär etwas zahlreicher. Die Fasern sind stark varicös, und zwischen denselben treten zahlreiche, verschieden grosse, grau opake, rundliche Tröpfchen auf, die sich mit Osmiumsäure dunkelgrau färben. Zuweilen erkennt man an ihnen eine verdichtete Rindenschicht, zuweilen ist das Centrum dunkler. Es sind diese Tröpfchen Zerfallsproducte der Nervensubstanz, dem Myelin nahe stehend. Für Amyloidkörner sind sie zu klein, auch geben sie keine Amyloidreaction. Mit Weigert'scher Hämatoxylinfärbung ist ein Theil bräunlich gefärbt, ein Theil fast gar nicht. Bei denen, die eine dunklere Rindenschicht erkennen lassen, ist dieselbe bei Weigert'scher Färbung dunkel schwarzblau gefärbt, bei denen, die ein opakes Centrum mit hellem Hof besitzen, ist das Centrum dunkel gefärbt. In der Papille findet sich fast nur Bindegewebe und nur hier und dort ein spärlicher Rest von Nervenfasern. Auch in der Retina ist die Nervenfaserschicht stark reducirt. Die Ganglienzellen sind zum grossen Theil noch erhalten, zum anderen Theil geschwunden. Die übrige Retina ist ziemlich vollständig intact, nur dass die Müller'schen Stützfasern vielfach über die innere Oberfläche Fortsätze, zwischen denen amorphes Eiweiss gelegen ist, aussenden,

und dass ab und zu eine Verlängerung der Stäbchen und Zapfen und Vacuolen zwischen Pigmentepithel und Stäbchenschicht vorkommen.

Nach sechs Monaten sind die Nervenfasern in der Netzhaut vollkommen geschwunden, die tief excavirte Papille wird von einem kernreichen Bindegewebe gebildet. An Stelle der Markflügel findet sich eine dünne Schicht faserigen Gewebes, das ziemlich viel Lymphzellen enthält. Der am Bulbus hängende Opticusstumpf ist ebenfalls in ein fein fibrilläres Bindegewebe umgewandelt, das neben Lymphkörperchen auch ziemlich viel Gewebszellen besitzt. Von Ganglienzellen sind noch einzelne nachweisbar, die Zellen zum Theil aber kleiner, die Kerne geschrumpft. Die übrigen Schichten sind im grossen und ganzen normal, wenn auch ganz geringfügige Veränderungen vorkommen. Die Müller'schen Stützfasern sind etwas verdickt und senden Fortsätze über die innere Oberfläche hervor. Die Körnerschichten sind vollständig normal, die innere ohne deutliche Abnahme der Körnerzahl. Wenn auch die Stäbchen und Zapfen im ganzen gut erhalten sind, so findet man doch ab und zu Verlängerungen und Abhebungen derselben von der *Limitans externa*.

Ob die genannten Veränderungen, die man auch häufig als Leichenerscheinungen bei normalen Netzhäuten findet, als solche aufzufassen sind, möchte ich nicht ganz sicher entscheiden. Man könnte auch daran denken, dass die regressiven Vorgänge in der zarten Membran einen ganz geringen entzündlichen Reiz auf die übrigen Theile ausübten. Es würden dann diese Veränderungen auch erklären können, dass in den späteren Stadien die Netzhaut etwas an Durchsichtigkeit verliert. Leider verfügte ich über kein längeres Stadium als sechs Monate, um daran festzustellen, ob diese genannten Veränderungen noch weiter zunehmen.

An dem centralen Opticusende, das, wie erwähnt, meist

ziemlich erheblich nach unten dislocirt ist, lässt sich eine aufsteigende Degeneration verfolgen. Das Schnittende überzieht sich innerhalb kurzer Zeit mit Bindegewebe, in dem anfangs auch grosse epitheloide Zellen angetroffen werden. Nach vier Wochen ist die Atrophie schon eine Strecke weit aufwärts geschritten, doch bekommt man mit Weigert'scher Färbung am orbitalen Opticusende neben zerfallenen Fasern noch Reste von gut gefärbten. Der Kern zeigt einen ziemlich deutlich vermehrten Gehalt an Lymphkörperchen. Zwischen den Fasern findet sich ein netzförmiges fibrilläres Gewebe. Die Atrophie schreitet fort, so dass nach zwei Monaten das der Orbita angehörende Stück Sehnerv keine Nervenfasern mehr erkennen lässt, sondern aus feinfibrillärem Bindegewebe besteht, dessen Fibrillen stark durcheinander gewirrt sind und mit der Sehnervenscheide und dem interstitiellen Balkenwerk zusammenhängen. Der Kerngehalt ist entschieden vermehrt. Ausser den gewöhnlichen, gut gefärbten Kernen kommen in den degenerirten Nerven noch zahlreiche, auffallend grosse, blasser Gewebkerne zwischen den Fibrillen vor mit einer im Centrum zusammengeschrumpften Chromatinsubstanz, die sich nur schlecht färbt. Sie machen den Eindruck von Gewebskernen, die in Degeneration begriffen sind; es muss hier also eine ziemlich beträchtliche Gewebeproliferation stattgefunden haben. Nach dem Gehirn zu nehmen die Kerne an Zahl zu.

IV.

Durchschneidung des Opticus peripherisch vom Eintritt der Arteria centralis retinae.

Die Durchschneidung des Opticus am Bulbus peripherisch vom Eintritt der Centralarterie der Retina gelingt nur in einer gewissen Anzahl von Fällen. Denn da die Arterie ganz dicht am Auge, fast auf der Sclera, von unten her in den mit einem nach oben convexen Bogen in den

Bulbus eintretenden Nerven sich einsenkt, da ferner die Papille schon beim normalen Thier ziemlich tief excavirt ist, so missglückt eine Reihe von Versuchen durch Fensterung des Bulbus oder unvollkommene Durchschneidung oder dadurch, dass man den Nerven zu weit entfernt vom Auge durchschneidet, ohne die Arteria centralis retinae zu durchtrennen. Da man andererseits auch die Scheere nicht zu tief in das Orbitalgewebe vorstossen darf, um möglichst keine Ciliargefässe mit zu verletzen, so ist diese Operation eine ziemlich schwierige.

In den reinen Fällen habe ich stets gleich nach der Durchschneidung eine Erweiterung der Pupille gesehen ohne vorherige Verengerung, und gerade die ausbleibende Myosis ist ein Zeichen, dass man nur den Nerven durchtrennt hat.

Die Fensterung des Bulbus auf der Papille schadet, wenn sonst der Nerv glatt durchtrennt ist, wenig; ja ich habe sogar in einzelnen Fällen die Papille absichtlich gefenstert, indem ich den Bulbus stark nach vorn zog, um eben ganz sicher zu sein, die Centralarterie durchschnitten zu haben. Auf die Differenz der Durchschneidung mit und ohne Fensterung der Papille werde ich noch zurückkommen.

In den gut gelungenen Durchschneidungen habe ich ein sofortiges Blasserwerden der Papille und Engerwerden der Gefässe constatieren können. Schon nach wenigen Minuten ist die Papille vollkommen blutleer, und die Gefässe, Arterien wie Venen, enden meist vor dem Papillenrand mit einer nach der Papille zu spitzer werdenden Blutsäule. Es ist oft nicht ganz leicht, Arterien und Venen auseinander zu halten, da die Blutsäule in beiden sehr dünn und gleich gefärbt erscheint. Zuweilen gelingt es, wenn man sofort nach der Durchschneidung spiegelt, während der Untersuchung das Blut abfliessen und die Blutsäule vor oder auf der Papille abreissen zu sehen. Sehr bald tritt dann ein Ungleichwerden des Gefässcalibers ein. Einzelne spindelförmige Anschwellungen wechseln mit stärker ver-

dünnten Partien ab. Auch kann die Blutsäule bald in mehrere Stücke zerreißen.

Besonders in einem Fall, in dem ich baldmöglichst nach der Durchschneidung spiegelte, konnte ich mit dem Spiegel sehen, wie die Papille abblasste und weiss wurde, wie die Gefässe sich verengerten, wie die Blutsäule abbrach, wie das papilläre Stück nach aussen abfloss und wie die Blutsäule in den Netzhautarterien in mehrere Stücke zerfiel. Daneben traten einzelne spindelförmige Anschwellungen im Gefässverlauf auf, während die Verbindungsstücke um so enger wurden.

Nach mehreren Stunden ist das Bild noch ziemlich dasselbe, wenn auch ab und zu geringe Veränderungen constatirt werden, die sich auf einen weiteren Zerfall der Blutsäule und auf das Aussehen der genannten Caliberschwankungen beziehen. Die Circulation in den Netzhautgefässen fehlt aber sicher.

Am folgenden Tage findet man die Gefässe bedeutend verengt und die Blutsäule in mehrere ungleiche Stücke zerfallen. Die Papillenränder können eine Spur Trübung zeigen. Eine Netzhauttrübung oder auch nur eine Trübung der Markflügel, die auf die Aufhebung der Netzhautcirculation zu beziehen wäre, tritt niemals in Erscheinung; die Farbe des Augenhintergrunds bleibt unverändert.

Nur an einer bestimmten Stelle tritt sehr häufig eine circumscribte keilförmige Netzhauttrübung auf, nämlich nach oben von der Papille. Dieselbe hat aber ihren Grund in der Unterbrechung der Circulation in dem entsprechenden Bezirk der Aderhaut. Durch die Injection stellte ich fest, dass gerade dort, wo die kurze keilförmige Netzhauttrübung sich fand, also oberhalb der Papille, die Aderhautcirculation unterbrochen, und keine Injectionsmasse in die Gefässe eingedrungen war, während die ganze übrige Aderhaut sich schön injicirt erwies. Es werden eben bei der Durchschneidung des Opticus

so dicht am Auge die kleinen Aderhautarterien, die die betreffende Parthie versorgen und das Foramen sclerae umkreisend nach oben ziehen, sehr leicht mit durchschnitten. Ich habe diese Trübung nicht constant gefunden, da es offenbar gelingt, den Nerven ohne die Verletzung der genannten Gefässe zu durchtrennen. Da also diese Trübung sicher nichts zu thun hat mit der Durchschneidung der Netzhautgefässe, sondern von einer Verletzung der Ciliargefässe abhängt, so will ich hier gleich vorweg nehmen, dass dort, wo dieselbe bestand, später die oben beschriebenen ophthalmoskopischen und anatomischen Netzhautveränderungen, die nach Ciliargefässdurchschneidung eintreten, gefunden werden.

Weiterhin gestaltet sich das ophthalmoskopische Bild der Durchschneidung des Opticus sammt der Arteria centralis retinae verschieden, je nachdem sich eine Circulation in den durchschnittenen Gefässen wieder herstellt oder nicht. In einer kleinen Anzahl der Fälle bleibt die Circulation der Retina dauernd unterbrochen, in der weitaus grösseren Zahl stellt sich aber eine Circulation wieder her.

In den zur ersteren Categorie gehörenden Fällen nehmen die Gefässe in den nächsten Tagen noch an Durchmesser ab, einzelne Aeste verschwinden ganz, und meist bleiben nur ein oder zwei Gefässe, vornehmlich Venen, auf jeder Seite des Markflügels sichtbar. Vielfach ändert sich das Bild in dieser Zeit in der Weise, dass das eine oder andere Gefäss, dem Aussehen nach eine Vene, wieder eine Strecke weit etwas stärker gefüllt ist, dass auf oder neben der Papille wieder Gefässe Blut enthalten, die Tags zuvor leer waren, oder dass die peripherischen Parthieen auf dem Markflügel mehr Blut enthalten, während die zur Papille gekehrten Enden leer sind. Dabei ist aber die Blutsäule nirgends continuirlich in einem Gefäss erhalten, sondern auch die anscheinend wieder besser gefüllten Gefässäste zeigen plötzlich wieder vollständige oder nahezu vollständige Unterbrechungen, und man kann mit Sicherheit aus-

schliessen, dass irgendwo in der Netzhaut eine Circulation besteht. In anderen Aesten sind die Verhältnisse gleich geblieben, sie sehen vielfach durch den Zerfall der Blutsäule wie roth punktirt aus. Man kann die erwähnten wechselnden Bilder der Gefässe zum Theil auch künstlich durch Druck auf das Auge erzeugen. Dieses Verhalten bleibt etwa zehn Tage so bestehen, bis das Blut in allen Gefässen in zahlreiche Stücke zerfällt, die zum Theil so fein und massenhaft sind, dass die betreffende Parthie roth punktirt aussieht. Mit dem Spiegel ist es nicht sicher zu entscheiden, ob auch Blut aus den Gefässen in das Gewebe ausgetreten ist; es macht fast den Eindruck, da die rothen Blutpünktchen so auffallend regellos liegen. Die rothe Punktirung des Markflügels verschwindet meist in der dritten Woche, so dass dann so gut wie gar nichts mehr von Gefässen in der Netzhaut zu sehen ist. Nur auf der Papille kann dauernd das eine oder andere feinste Gefässästchen wieder sichtbar werden und bleiben, wohl auch über den Papillenrand soeben hinweggehen, aber eine Netzhautcirculation ist dauernd aufgehoben. Diese feinen Papillengefässchen machen zum Theil den Eindruck von neugebildeten Gefässen.

Die innerhalb der ersten ein bis zwei Wochen beobachteten Schwankungen im Aussehen der Gefässe und die zum Theil wieder anscheinend stärkere Gefässfüllung möchte ich so erklären, dass einmal das noch in den Gefässen befindliche Blut gewissen Verschiebungen unterworfen ist, so dass bald hier, bald dort eine Blutspindel auftritt, die vorher nicht zu sehen war, oder dort fehlt, wo sie vorher war, und dass sodann durch die capillaren Anastomosen am Papillenrand wieder etwas Blut zufliesst, da der seitliche Gefässdruck in den erhaltenen Gefässen höher ist. Doch genügt das nicht zu einer Wiederherstellung der Circulation.

In der Mehrzahl der Fälle stellt sich später eine theilweise Circulation wieder her, obwohl auch hier anfangs die

Arteria centralis retinae sicher mit durchschnitten ist. Dass die Circulation wirklich unterbrochen ist, lässt sich aus der bedeutenden Verengerung der Gefässe und vor allem aus der Gefässlosigkeit der Papille und dem Abreißen der Blutsäule vor der Papille sicher schliessen. In dem ersten Stadium unterscheiden sich die Fälle durch nichts von dem oben skizzirten Bilde, und man kann von vornherein ophthalmoskopisch dem Fall nicht ansehen, ob sich ein so gut wie vollkommenes Aufhören jeder Circulation in der Netzhaut anschliessen wird, oder ob später eine gewisse Wiederherstellung der Circulation erfolgt. Dass sich bei den als gelungen anzusehenden Durchschneidungen eine vollständige Circulation wiederherstellt, habe ich nie gesehen; es handelt sich dabei nur um das Wiederauftreten einer dauernd unvollkommenen Circulation.

Auch in diesen Fällen ist die Blutsäule in den Gefässen anfangs zerfallen, und während der ersten Tage kommen die oben beschriebenen Bilder in gleicher Weise zur Entwicklung. Während aber nach 8—10 Tagen nur in einem Theil der Gefässe die Blutsäule zerfallen bleibt, füllt sich um diese Zeit ein anderer Theil allmählig wieder gleichmässiger mit Blut; auch das auf der Papille gelegene Stück der Arterie wird wieder mit Blut gefüllt sichtbar. Daneben treten einzelne Aeste auf der Papille besonders deutlich hervor, die vor der Durchschneidung nicht aufgefallen waren. Ob diese Gefässe mit den Aderhautgefässen zusammenhängen, oder ob es neu gebildete Gefässe sind, lässt sich mit dem Spiegel nicht sicher ausmachen. Weiterhin verschwindet in einem Theil der Gefässe die Blutsäule vollkommen und zwar um dieselbe Zeit und in derselben Weise, wie oben angeführt. Es bleiben aber einzelne, meist ziemlich feine Gefässe zurück, die dauernd mit Blut gefüllt bleiben, und in denen wieder eine regelrechte Circulation stattfindet, wie man sich durch Druck aufs Auge und Erzeugung einer deutlichen Pulsation vergewissern kann. Die

Gefäße sind aber im Vergleich zur früheren Netzhautcirculation dauernd verengt und weniger zahlreich und reichen nicht so weit in die Netzhaut hinein. Zuweilen besteht eine deutliche Differenz zwischen beiden Seiten in der Weite der Gefäße und in der Ausdehnung, in der sie sich in die Markflügel verfolgen lassen.

Nur in zwei dieser Fälle habe ich vorübergehend das Phänomen der unterbrochenen Circulation beobachten können, wie es Leber bei diesen Versuchen am Kaninchen zuerst beschrieben. Wie schon erwähnt, deutete Leber dasselbe als Zeichen einer stark abgeschwächten Circulation. Damit stimmt überein, dass sich in den Fällen, in denen ich es beobachtete, in der That eine, wenn auch nicht vollkommene, Circulation wieder herstellte.

Hier möchte ich noch einschalten, dass ich in vereinzelt Fällen nach der Durchschneidung zwar eine Circulationsstörung in den Netzhautgefäßen mit dem Spiegel constatiren konnte, aber keine vollständige Unterbrechung. Besonders instructiv war ein Versuch, bei dem sofort nach der Durchschneidung ein Blasserwerden der Papille und eine beträchtliche Verengerung der Arterien und Venen eintrat. Ich sah sogar auf der einen Seite des Markflügels eine Unterbrechung der Blutsäule in einer Arterie. Doch war die Arterie noch bis zu ihrem Eintritt auf der Papille zu verfolgen. Ich nahm sofort an, dass der Versuch nicht vollständig gelungen war. Schon nach wenigen Stunden war die Gefäßfüllung normal, ja sogar eher etwas stärker als normal. Bald nach der Wiederherstellung der Circulation tödtete ich das Thier und injicirte wie gewöhnlich die Gefäße von der Carotis aus. Ich fand nun, dass der Durchschnitt des Nerven nur ganz wenig centralwärts von dem Eintritt der Centralarterie erfolgt war, so dass das Gefäß an dem am Bulbus befindlichen Stumpf unmittelbar auf der Schnittfläche als kleiner blauer Ast sich präsentirte und frei zu Tage lag, bis es etwa in der Mitte des Querschnittes in der Tiefe verschwand. Offen-

bar war das Gefäss beim Durchschneiden des Nerven nur gequetscht, was die vorübergehende Circulationsstörung in der Netzhaut im Gefolge hatte, und die Circulation stellte sich bald vollständig wieder her. Solche Fälle gehören selbstverständlich zu den nicht gelungenen Versuchen.

Ist die Papille gefenstert, so bedingt die Druckabnahme des Bulbus einige unbedeutende Abweichungen. Die Verengerung der Gefässe ist anfangs weniger ausgesprochen und erfolgt langsamer; die Gefässe enden meist dicht an der Perforationsstelle der Papille. Erst nach einiger Zeit beobachtet man mehrfache Einrisse der Blutsäule, innerhalb der nächsten Tage nehmen die Gefässe an Feinheit zu, und die Blutsäule wird perlschnurartig. In dieser Zeit kann eine vorübergehende stärkere Füllung einzelner venöser Gefässe eintreten, bei der die Dicke der Blutsäule schwankt, und einzelne spindelförmige Gefässstücke viel stärker als in der Norm ausgedehnt werden. Doch kann man an den Gefässen keine Blutbewegung sehen, was man, wenn eine continuirliche Circulation vorhanden wäre, bei dem ungleichen Caliber ja leicht müsste. Auch hier kann das Aussehen der Gefässe von Tag zu Tag Verschiedenheiten aufweisen, indem einzelne Gefässstücke bald stärker, bald schwächer gefüllt sind, nur dass hier zuweilen ganze Gefässgebiete wieder stark bluthaltig werden, die es tags zuvor nicht waren. Diese Hyperämie ist aber nur vorübergehend, sehr bald zerfällt die Blutsäule in massenhafte kleine Stücke, so dass der Markflügel roth punktirt aussieht. Auch hier ist es nicht möglich, sicher zu entscheiden, ob alle kleinen Blutinseln nur in Gefässen liegen, oder ob auch Blut in das Gewebe ausgetreten ist. Innerhalb kurzer Zeit verschwindet nun das Blut vollständig aus der Retina. Nur am Rand der Perforationsöffnung kann hier und da ein feines Gefässästchen zurückbleiben. Besonders schön waren diese Verhältnisse in einem Versuch zu verfolgen: nach etwas über vierzehn Tagen war die Retina so gut wie voll-

kommen blutleer, der Markflügel war gleichmässig weiss. Die Perforationsstelle war durch Fibrin und Blut geschlossen. In diesen Fällen begünstigt der niedrige Augendruck das Zurückfliessen von Blut aus den Gefässverbindungen des Papillenrands in die Netzhaut. Wenn auch in der Mehrzahl der Versuche mit Fensterung der Papille so gut wie keine Netzhautcirculation wieder eingeleitet wird, so habe ich doch auch hier ab und zu einzelne feine Gefässe wieder sich füllen und erhalten bleiben gesehen.

Was nun den weiteren Verlauf von der dritten Woche ab nach der Durchschneidung angeht, so macht sich die Atrophie des Markflügels ungefähr zu derselben Zeit bemerkbar, wie nach der einfachen Durchschneidung des Nerven dicht nach aussen von dem Gefässeintritt. Ich habe mehrfach bei demselben Thier an einem Auge den Nerven sammt der Arteria centralis retinae durchtrennt und an dem anderen Auge den Nerven etwas centralwärts vom Eintritt des Centralgefässes der Netzhaut und habe in dem ophthalmoskopischen Verhalten in Bezug auf das Einsetzen der Atrophie des Markflügels so gut wie keine Differenz gefunden; die Verdünnung trat zu derselben Zeit auf und nahm in demselben Tempo zu. Auch zwischen den Fällen, in denen eine Wiederherstellung der Circulation so gut wie ganz ausbleibt und den Fällen, in denen eine wenn auch nie ganz vollkommene Circulation wieder hergestellt wird, habe ich in den Zeitverhältnissen, in denen die Atrophie des Markflügels sich entwickelte, keine nennenswerthe und constante Differenz gefunden. Auch hier macht sich mit Zunahme der Atrophie der Nervenfaserschicht eine Vertiefung der Papille — atrophische Excavation — und nach wenigen Monaten eine geringe Abnahme der Durchsichtigkeit der Netzhaut bemerkbar.

Da die Durchschneidung des Opticus so dicht am Auge, dass die Netzhautgefässe mit getroffen wurden, nur schwer gelang, und da in der Mehrzahl der Fälle trotz gelungener

Durchschneidung die Circulation, wie ich ausführte, sich wieder herstellte, so sann ich auf ein Mittel, dauernd die Circulation in der Retina aufzuheben und eine Wiederherstellung zu verhindern. Ich fand ein solches in dem Kaute-risiren des Opticusstumpfes und des Papillenrandes mit dem Galvanokauter oder dem Pacquelin'schen Thermokauter. Ersterem gab ich den Vorzug, da ich ihn kalt einführen und auch in Fällen, bei denen der Stumpf nicht ganz frei zu Tage lag, in der Tiefe verwenden konnte, ohne sonst erhebliche Gewebszerstörungen herbeizuführen. Ich operirte dabei nach der gewöhnlichen Methode, verschaffte mir von oben her Zugang zum Nerven und durchschnitt ihn möglichst dicht am Auge. Dann wälzte ich entweder durch Ziehen am Superiorstumpf den Bulbus so weit nach unten, dass ich das Foramen sclerae in der Lidspalte zu Gesicht bekam, oder, wenn dieses nicht gelang, luxirte ich das Auge, nahm es auf den v. Welz'schen Löffel und zog es nach vorn, bis ich den Opticusstumpf bequem sehen konnte. Es gelang so, den Eintritt des Nerven zu brennen und auch rings herum den Aderhautrand mit zu kauterisiren.

Freilich war es nicht ganz leicht, überall gleichmässig zu brennen. Eine Anzahl der Versuche missglückte theils durch frühzeitige Bulbusperforation, theils durch ungenügenden Effect, indem zu wenig ausgiebig gebrannt war. Auch musste man vermeiden, vom Foramen sclerae zu weit seitwärts abzukommen.

In einer Anzahl gut gelungener Versuche gelang es in der That, auf diese Weise eine dauernde Circulationsunterbrechung in der Netzhaut herbeizuführen.

Spiegelt man gleich nach dem Brennen, so sieht man stets sofort eine erhebliche grauweisse Trübung der Papille. Die Excavation derselben ist verringert, der Grund zusammengezogen. Da auch der Rand des Sehnervenlochs mitgebrannt ist, so tritt auch sofort eine Trübung der circumpapillären Netzhautparthie auf. Die ringförmige Trübung ist nach der

Seite scharf begrenzt und schliesst sich genau dem Ring an, der aussen getroffen ist. Auch auf die Markflügel erstreckt sie sich, soweit als seitlich gebrannt ist. Sie ist eben unmittelbare Folge des Brennens. Die Gewebstrübung nimmt in den nächsten Tagen an Intensität noch zu; die gebrannte Parthie prominirt etwas nach innen. An Extensität nimmt der getrübe Bezirk nicht zu, nur nach oben schliesst sich am nächsten Tage constant ein kleiner Trübungskeil der Retina an, der dadurch bedingt ist, dass die Aderhautarterie, die diesen Bezirk versorgt, mit verletzt wird. Bei frisch ausgeführter Gefässinjection findet man die genannte Parthie der Aderhaut frei von Injectionsmasse. Auf das Verhalten der Retinalgefässe komme ich gleich zu sprechen, ich will nur erst das weitere Schicksal dieser Veränderung der Papille und der umgebenden Netzhautzone anführen.

Die Trübung hält sich mehrere Tage, bis sie vom achten bis zehnten Tage sich anschiebt, zurückzugehen. Sowie sie schwindet, tritt sofort entfärbte und fleckige Aderhaut mit unregelmässiger Pigmentirung zu Tage. Die Papille selbst wird wieder deutlich, ist zusammengezogen, grau atrophisch, gefässlos und ohne deutliche Excavation. Nach ca. sechzehn Tagen ist die Trübung vollständig zurückgegangen. Die Papille stellt eine gefässlose, gelblich-graue Scheibe dar, die von einem Ring umgeben ist, in dem gelbe Entfärbungsherde und schwarze Pigmentanhäufungen, die auch auf die Papille selbst übergreifen können, unregelmässig abwechseln. Nach der Seite zu ist der Uebergang in das normale Roth des Augenhintergrunds ein scharfer. Der Markflügel schwindet sofort, soweit der Brennring reicht. Später findet man auf der Papille einzelne feine, neugebildete Gefässästchen.

Das Verhalten der Retinalgefässe schliesst sich anfangs im grossen und ganzen dem bei der Durchschneidung ausgeführten Bild an. In Bezug auf den Blutgehalt ist eine Differenz zu bemerken, die davon abhängt, ob schon bei dem Durchschneiden des Nerven die Arteria centralis re-

tinæ mit getroffen ist, oder ob sie erst beim Brennen des Stumpfes durchbrannt wird. Ich habe nach der Durchschneidung des Opticus mit dem Spiegel entscheiden können, ob das Gefäss schon verletzt war und habe auch die Fälle gebrannt, in denen ich eine Durchschneidung des Gefässes ausschliessen konnte.

In den Fällen der ersten Art sind die Gefässe sofort viel stärker verengt und blutleer; die Blutsäule endet spitz eine Strecke weit vor der Papille. In den Fällen dagegen, in denen das Centralgefäss erst beim Brennen durchtrennt wird, enthalten die Gefässe entschieden mehr Blut, und die Blutsäule zerfällt weniger rasch in einzelne Stücke. Der Unterschied beruht jedenfalls darin, dass in dem letzteren Fall das Abfliessen des Blutes aus dem Gefäss durch den Brandschorf verhindert wurde, während in dem anderen Fall schon ein Theil des Blutes vor dem Brennen ausgeflossen ist.

Auch in den mit Brennen behandelten Fällen zeigt die Blutsäule in den Netzhautgefässen schon wenige Minuten nach der Operation Zerreibungen der Blutsäule und ein Zerfallen in spindelförmige Stücke, besonders nach der Papille zu, während in der Peripherie die Füllung noch gleichmässiger ist. Schon am nächsten Tage sind einzelne Strecken der Gefässe fadenförmig, andere Theile perlschnurartig aussehend, andere wieder über die Norm gefüllt. Mit Ausnahme geringer Verschiebungen des Blutes in den Gefässen, so dass bald hier eine Spindel an Umfang zunimmt, bald dort, während dementsprechend vorher gefüllte Stellen leer erscheinen, bleibt sich das Bild in den ersten Tagen ziemlich gleich, nur dass das Blut sehr rasch verschwindet. Schon nach fünf bis acht Tagen war in mehreren der gut gelungenen Versuche von den Gefässen bis auf einzelne kurze, blasse Blutspindeln nichts mehr zu sehen. Diese letzten Reste verschwanden auch bald, so dass etwa nach dem zehnten Tage die Gefässe vollständig unsichtbar waren. Die Markflügel sahen vollkommen weiss aus, und die Papille

mit dem circumpapillären Ring zeigte die rückgängige Trübung.

Freilich kommt es auch hier vor, dass einzelne feine Gefässchen von der Papille aus bis in die Netzhaut hinein wieder sichtbar werden, und dass sich eine wenn auch unvollkommene Wiederherstellung der Circulation einleitet.

Die Atrophie des Markflügels wird etwa nach der vierten Woche für den Spiegel deutlich wahrnehmbar. Soweit derselbe direct vom Brennen getroffen ist, atrophirt er, wie oben erwähnt, viel schneller.

Besondere Beachtung verdient bei den Durchschneidungen des Opticus sammt den Netzhautgefässen der Umstand, dass die Markflügel trotz Mitdurchschneidung der in ihnen verlaufenden Netzhautgefässe nicht rascher atrophiren als bei Durchschneidung des Nerven dicht hinter dem Eintritt der Arteria centralis retinae, also mit Erhaltung der Netzhautcirculation. Auch hat es auf die Zeit, in der die Atrophie einsetzt, und auf den Verlauf derselben keinen Einfluss, ob sich die Circulation, wie sie es ja meist thut, wieder herstellt, oder ob sie dauernd aufgehoben bleibt. Daraus folgt, dass die Netzhautcirculation für die Erhaltung der Structur der Nervenfasern keine wesentliche Bedeutung haben kann.

In vollkommener Uebereinstimmung mit dem ophthalmoskopischen Verlauf der Durchschneidung der Netzhautgefässe ist das Ergebniss der Injection. Injicirt man in den ersten Tagen nach der Durchschneidung, so findet man in den ophthalmoskopisch als gelungen anzusprechenden Fällen in der That keine Injectionsmasse in die Netzhautgefässe eingedrungen, während man in den Fällen, die schon bei der ophthalmoskopischen Untersuchung als nicht gelungen erscheinen, die Netzhautgefässe injicirt findet. In den Fällen, in denen dauernd die Circulation in der Netzhaut so gut wie ganz aufgehoben bleibt, in denen man nur auf der Papille einzelne feine Aeste, die wohl auch den Papil-

lenrand etwas überschreiten, mit dem Spiegel erkennt, wird durch die Injection bestätigt, dass die Netzhautgefässe ausser Circulation stehen. In den Fällen schliesslich, in denen sich mit dem Spiegel eine wenn auch unvollkommene Wiederherstellung der Circulation in der Netzhaut nachweisen lässt — es gehört ja bei weitem die Mehrzahl der gut gelungenen Durchschneidungen dazu — findet man auch wieder die Netzhautgefässe zum Theil mit Injectionsmasse gefüllt. Daneben trifft man auch leere Gefässe oder solche, die noch Blutreste enthalten, an.

Um festzustellen, woher die Wiederherstellung der Circulation stammt, habe ich den Sehnerveneintritt solcher Augen theils in senkrechter Richtung, theils von der Fläche her in Serienschnitte zerlegt. Aber auch so ist es nicht ganz leicht, über die Gefässverbindungen ins Klare zu kommen. Soviel steht fest, dass bei der Wiederherstellung der Circulation in der Netzhaut hauptsächlich neugebildete Gefässe eine Rolle spielen, die theils vom Aderhautrand, theils von aussen aus der Sehnervenscheide und dem episcleralen Gewebe, also von den Ciliargefässen her, in die Papille vordringen und hier mit den alten Netzhautgefässen in Verbindung treten. Durch das Trauma und durch die damit in Zusammenhang stehenden Vernarbungsvorgänge wird am Foramen sclerae eine Neubildung von Gefässen angeregt. Zum grossen Theile sind es Gefässe kleineren Calibers, doch sieht man auch ganz ansehnliche Aeste von der Aderhaut oder von aussen her in die Papille übertreten. Die venösen Gefässe fallen durch ihre Zahl und Weite am meisten auf, die arteriellen Aeste treten mehr zurück.

Die histologischen Veränderungen sind ähnlich denen nach einfacher Durchschneidung des Sehnerven hinter dem Eintritt der Centralarterie. In den gut gelungenen Fällen ist der Opticus ganz hart an der Sclera abgetrennt, so dass von einem Opticusstumpf kaum die Rede sein kann. Der Durchschnitt am Bulbus überdeckt sich rasch mit

jungem Bindegewebe. Auf der Papille schwinden die Nervenfasern innerhalb des ersten Monats. Man findet dann im Grund der ausgebuchteten Papille zellenreiches Bindegewebe. In der Netzhaut sind selbst nach vier Wochen die Nervenfasern bei Weigert'scher Färbung zum grossen Theil gut gefärbt. Daneben trifft man stark varicöse Fasern und Zerfallsproducte der Nervensubstanz in Gestalt kleiner Tröpfchen an, sowie eine geringe Einwanderung von Lymphkörperchen. Die übrige Retina ist ohne Veränderung. Nach zwei Monaten ist die Nervenfaserschicht schon stark atrophisch; es sind nur noch Reste von Fasern zu erkennen. Der Gehalt an Lymphkörperchen im Markflügel hat zugenommen. Man constatirt jetzt auch schon ein theilweises Fehlen der Ganglienzellen, während die übrigen Netzhautschichten keine Veränderungen erkennen lassen.

In noch späteren Stadien ist der Markflügel vollständig geschwunden; an seiner Stelle findet sich eine dünne Lage zellreichen Bindegewebes, in der noch Reste von obliterirten Gefässen oder, wenn die Circulation hergestellt ist, auch injicirte Gefässe zu sehen sind. Die Ganglienzellen schwinden nur sehr langsam, noch nach sechs Monaten fand ich erhaltene Zellen. War ein Aderhautgefäss mit durchtrennt, so trifft man, wie erwähnt, an der betreffenden Stelle eine Netzhautdegeneration in der oben beschriebenen Art an.

Auch in den Fällen, in denen ich durch Brennen eine sichere Unterbrechung der Netzhautcirculation herbeigeführt habe, steht das Resultat der Injection mit dem Augenspiegelbefund in Uebereinstimmung. Injicirt man ein solches Thier in den ersten Tagen nach dem Eingriff, so enthalten die Gefässe der Netzhaut und der Papille keine Spur von Injectionsmasse. In den Netzhautgefässen findet sich Blut, und man kann mit schwacher Vergrösserung die erwähnten Veränderungen der Blutsäule, das Zerrissensein und das ungleiche Caliber gut erkennen. Auch die Ader-

haut ist in der Umgebung des Sehnervenlochs schlecht oder gar nicht injicirt, zumal dann, wenn ich absichtlich den Rand des Sehnervenlochs ausgiebig gebrannt habe. Später findet man auf der Papille neugebildete, hauptsächlich von aussen her eingedrungene Gefässe, die sogar auch in den Markflügel hinein sich ein wenig verfolgen lassen. Meist bleiben jedoch die Netzhautgefässe dauernd leer von Injectionsmasse, und auch in der Papille finden sich nur einzelne injicirte Aestchen.

In den frisch eröffneten Augen, die dem ersten Stadium angehören, ist die Papille und der mit dem Spiegel abgrenzbare, getrübte, circumcapilläre Netzhautring verdickt und opak.

Von den histologischen Veränderungen interessiren zunächst die Veränderungen des gebrannten Bezirks. Das früheste Stadium, das ich untersucht habe, entspricht einem Versuch von sechs Tagen. Soweit gebrannt ist, ist die Papille und Retina enorm verdickt. Das Gewebe besteht zum grössten Theil aus einer krümligen Masse. Die Nervenfasern sind vollständig zerfallen, die Gefässe in der Papille leer, die Gefässwände, besonders die Capillaren stark gèquollen und von hyalinem Aussehen. In dem höchst veränderten Gewebe sieht man anfangs nur mässig viel Lymphzellen. Das Pigmentepithel ist am Rande abgestossen. Die Pigmentmolecüle haben in grosser Menge die Zellen verlassen und liegen frei in dem Detritus. In dem stark aufgelockerten und krümligen Gewebe kommen grosse epitheloide Zellen und Fettkörnchenzellen vor. Die verschiedensten Zellformen haben einzelne Pigmentmolecüle aufgenommen. Auch der Scleralrand des Sehnervenlochs ist verdickt, die Fasern stark gequollen und von hyalinem Aussehen. Der äusseren Oberfläche hängen verkohlte, braune und gelbliche Schorfreste mit zum Theil blätterartiger-Configuration an, die schon um diese Zeit von zahlreichen lymphoiden Zellen und grösseren Zellen mit einem voluminösen Kern und feinkörnigem,

grauem Protoplasma überwuchert sind. Daneben finden sich grössere Ansammlungen von Riesenzellen, die mit der Resorption der verkohlten Massen in engster Beziehung zu stehen scheinen. Wiederholt sieht man im Inneren einer Riesenzelle ein Stück verbrannten Gewebes eingeschlossen. Auch die Riesenzellen besitzen ein auffallend opakes, bei frischer Untersuchung grau aussehendes Protoplasma. Der an die innere Seite der Papille stossende Glaskörper ist stark verdichtet und mit feinkörniger Eiweisssubstanz durchsetzt. Nach den Seiten zu fällt die verdickte Parthie ziemlich rasch ab. Die Netzhaut ist an dem Zerfall soweit mit betheilig, als ausen gebrannt ist. Doch kommen auch geringfügige Veränderungen in der an die gebrannte Stelle stossenden Zone vor; die Stäbchen sind verlängert, die Schichten etwas aufgelockert, durch Vacuolen gelockert. Noch weiter nach der Seite folgt dann nicht degenerirte Netzhaut. Die Retinalgefässe sind leer oder enthalten amorphes Eiweiss, weisse Blutkörperchen und nur stellenweise zum Theil veränderte rothe Blutkörperchen. Die Nervenfaserschicht ist in der Peripherie anfangs intact, mit Weigert'scher Färbung gut färbbar. Nach der gebrannten Papille zu folgt eine Zone, in der neben normalen Fasern stark varicöse und im Zerfall begriffene vorkommen, zwischen denen kleine Myelintröpfchen auftreten. Man kann bei Weigert'scher Färbung deutlich sehen, wie eine Faser am Rand des gebrannten Bezirkes stark varicös wird und schliesslich in kleine Tröpfchen zerfällt. In der gebrannten Parthie ist von Nervenfasern nichts mehr zu erkennen. Später tritt die Schwellung der Papille zurück, die zerfallenen amorphen Massen verschwinden, und eine Neubildung von Bindegewebe beginnt. Doch bleiben noch lange Zeit in dem jungen Bindegewebe epitheloide, zum Theil Pigment enthaltende Zellen liegen. Auch auf der äusseren Oberfläche der gebrannten Parthie schreitet die Abstossung des Schorfes und die Resorption der verkohlten Massen und Ersatz durch junges

zellreiches Bindegewebe stetig fort; freilich trifft man noch nach mehreren Wochen daselbst Nester von Riesenzellen in dem Fasergewebe an.

Nach ein bis zwei Monaten findet man an Stelle der Papille ein reichlich pigmentirtes Narbengewebe, das nur wenige Gefäße enthält. Der Aderhautrand ist verdickt und bindegewebig verändert, die Gefäßfüllung keine normale. Soweit gebrannt ist, ist die Netzhaut degenerirt, das Pigment abgestossen und in die degenerirte Netzhaut eingewandert. Auch Wucherungen von Pigmentzellen scheinen vorzukommen.

Um diese Zeit zeigt auch die Nervenfaserschicht einen deutlich nachweisbaren Schwund und Zerfall; im Uebrigen sind die Veränderungen der Netzhaut seitlich von der gebrannten Papille ähnlich wie bei der einfachen Durchschneidung. Die Netzhautgefäße sind in den gelungenen Versuchen obliterirt und frei von Injectionsmasse.

V.

Durchschneidung des Sehnerven sammt Netzhautgefäßen combinirt mit Durchschneidung der Ciliargefäße einer Seite.

Ich habe vorher ausgeführt, dass der Umstand, dass die Atrophie des Markflügels in der gleichen Weise erfolgt, ob die Centralarterie der Netzhaut mitgetroffen ist oder nicht, zu der Annahme zwingt, dass die Circulation der Retina für die Erhaltung der Structur der Nervenfaserschicht, also für ihre Ernährung nicht von wesentlichem Belang sein kann. Man müsste dafür auf die Aderhautgefäße recurriren. Damit stimmt aber scheinbar nicht überein, dass auch bei den partiellen Ciliargefäßdurchschneidungen, bei denen der Sehnerv sammt den Netzhautgefäßen ja vollständig geschont wird, kein vollständiger rascher Zerfall der betreffenden Seite des Markflügels eintritt. Wie ich früher

hervorhob, war die Nervenfaserschicht im Vergleich zu der übrigen Netzhaut relativ sehr wenig afficirt; nur die untersten Schichten zeigten einen Zerfall von Nervenfasern. Auch ophthalmoskopisch war die Atrophie des Markflügels keine hochgradige, wenn auch immerhin deutlich erkennbare.

Um dieses Verhalten des Markflügels zu erklären, könnte man annehmen, dass in diesem Fall die Netzhautcirculation eintritt und genügendes Ernährungsmaterial liefert, um ihn vor Zerfall zu schützen. Man könnte aber auch anführen, dass die Nervenfaserschicht überhaupt so wenig Ernährungsmaterial gebraucht, dass sie von diesen Circulationsstörungen nur wenig beeinträchtigt wird, und dass für sie die Continuitätsunterbrechung der nervösen Leitungsbahn allein das ausschlaggebende ist.

Es kam deshalb darauf an, das Verhalten des Markflügels bei möglichster Entziehung von Ernährungsmaterial zu prüfen. Ich habe zu diesem Zweck die Netzhautcirculation unterbrochen und dazu auf einer Seite die Ciliargefäße durchschnitten.

Ich stellte die Versuche so an, dass ich zunächst in der gewöhnlichen Weise den Opticus dicht am Auge peripherisch vom Eintritt der Arteria centralis retinae durchtrennte mit oder ohne nachfolgendes Brennen des Stumpfes, und dass ich dann nach Vernähen der Conjunctivalwunde eine der beiden langen und einige der benachbarten kurzen hinteren Ciliararterien in der früher beschriebenen Weise ebenfalls durchschnitt.

Das ophthalmoskopische Bild stellt, wie erwartet, eine Combination der oben ausgeführten Befunde dar. Spiegelt man das Thier nach Beendigung des Versuchs, so bietet der Augenhintergrund des nicht albinotischen Thieres das oben ausgeführte Bild der gelungenen Sehnerven- und Retinalgefässdurchschneidung dar: die Papille ist weiss, die Retinalgefäße eng, die Blutsäule mehrfach ganz oder fast ganz eingerissen. Schon nach einer Stunde ist eine begin-

nende Retinaltrübung in der Bulbushälfte, die den durchschnittenen Ciliargefässen entspricht, zu sehen. Die Trübung hat anfangs das früher beschriebene Aussehen und nimmt innerhalb weniger Stunden bedeutend zu. Der Markflügel ist mit ergriffen, die an sich schon verengten Retinalgefässe werden durch die Trübung noch undeutlicher. Das Aussehen der getrüben Retina unterscheidet sich aber von dem bei der einfachen Ciliargefässdurchschneidung dadurch, dass neben grösseren Falten und flächenhafter Trübung in viel grösserer Ausdehnung als dort kleine Netzhautfalten auftreten. Der Augenhintergrund sieht lämmerwolkenähnlich aus oder gyriform, wie Berlin dieses Aussehen bezeichnet. Auch hier ist die getrübe Zone gegen den nicht getrüben rothen Augenhintergrund scharf abgegrenzt. Die hirnwindungenähnliche Fleckung ist besonders am Tage nach der Durchschneidung schön ausgebildet. Die Trübung bleibt nur wenige Tage ziemlich unverändert bestehen, dann geht sie wieder zurück. Während dessen machen auf dem anderen Markflügel die Retinalgefässe die früher genannten Veränderungen durch. Sowie die Netzhauttrübung verschwindet, treten die Entfärbungen des Augenhintergrundes und die Pigmentveränderungen zu Tage.

Am Markflügel hält sich die Trübung am längsten. An ihr Zurückgehen schliesst sich eine rasch fortschreitende Atrophie des Markflügels unmittelbar an; schon nach zehn bis vierzehn Tagen ist er allseitig bedeutend verkürzt und erscheint in mehrere Stücke zerfallen. Während dieser Zeit nehmen die Pigmentveränderungen in der Netzhaut zu.

In der dritten Woche verschwindet der Markflügel fast vollständig; von Netzhautgefässen ist nichts mehr zu erkennen. Die betreffende Netzhauthälfte zeigt in diesem Stadium in ausgedehntem Maasse das oben ausgeführte Bild: entfärbte, blassgelbe Parthien wechseln ab mit unregelmässigen Pigmenthaufen. Zwischen den Pigmentanhäufungen treten vereinzelte weissgelbe Streifen — Aderhautgefässe —

hervor, die zum Theil ganz den Eindruck von obliterirten Gefässen machen.

Auf der anderen Seite der Netzhaut ist nach drei Wochen von Retinalgefässen entweder fast gar nichts mehr oder, wenn sich eine Circulation hergestellt hat, nur wenig zu erkennen; von einer Atrophie des Markflügels ist aber auf dieser Seite noch nichts zu sehen. Die Differenz der beiden Seiten ist um diese Zeit eine äusserst auffallende: hier der Markflügel noch gut erhalten, dort fast vollständig geschwunden. Erst im weiteren Verlauf tritt auch hier die im gewöhnlichen Tempo zunehmende Atrophie in Erscheinung.

Bei albinotischen Thieren liegen die Verhältnisse analog.

Diese Versuche ergeben also, dass die combinirte Durchschneidung der Netzhaut- und Ciliargefässe eine acute Atrophie des betreffenden Markflügels im Gefolge hat, und sie gestatten mit Rücksicht auf die Resultate der einfachen Sehnervendurchschneidung und der Sehnervendurchschneidung sammt Netzhautgefässen den Schluss, dass die Aderhautcirculation für die Ernährung und Erhaltung der Nervenfaserschicht von der grössten Bedeutung ist. Und in Bezug auf das Verhalten des Markflügels bei der alleinigen Durchschneidung einer langen und einiger kurzen Ciliararterien muss man annehmen, dass die Netzhautcirculation dabei im Stande ist, den Markflügel vor einem vollkommenen Zerfall zu schützen.

Auch die anatomischen Veränderungen stellen eine Combination der Ciliargefäss- und Netzhautgefäss-Sehnervendurchschneidung dar, nur dass ein viel frühzeitigerer Zerfall des betreffenden Markflügels eintritt. Der Unterschied zwischen den beiden Netzhauthälften ist in jeder Beziehung ein auffallender. Da die Veränderungen vollständig mit dem früher ausgeführten übereinstimmen, so will ich auf eine weitere Beschreibung verzichten.

VI.

Durchschneidung des Sehnerven sammt Netzhautgefässen combinirt mit der Durchschneidung sämmtlicher Ciliargefässe.

Diese Versuche stellte ich so an, dass ich zunächst den Opticus in der gewöhnlichen Weise nach Tenotomie des Musculus rectus superior von oben her durchschnitt. Dann wälzte ich den Bulbus durch Zug an der Superiorsehne nach unten und durchtrennte auf der Sclera hinschneidend die kurzen hinteren Ciliargefässe unterhalb des Opticuseintritts. Nun ging ich entweder von hier aus seitlich bis zu den langen Ciliararterien vor und durchschnitt sie, oder ich suchte mir dieselben in der gewöhnlichen Weise nach partieller Tenotomie der seitlichen geraden Muskeln auf. In weiter Ausdehnung schnitt ich auf der Sclera hin, um möglichst alle Ciliargefässe zu durchtrennen, wobei auf die Erhaltung der Venae vorticosae keine Rücksicht genommen wurde. Die ziemlich ausgedehnte Conjunctivalwunde nähte ich zum Schluss und musste meist die Lider durch eine Sutura schliessen, da die Blutung eine erhebliche war.

Der Bulbus ist sofort nach der Durchschneidung weich, die vordere Kammer wird bald seicht. Die Veränderungen entsprechen anfangs ganz den früher geschilderten, nur dass sich hier noch die Durchschneidung des Opticus und der Netzhautgefässe in bekannter Weise kundgibt. Bleiben die Medien eine Zeit lang klar, was sie in der Regel innerhalb der ersten Stunden thun, so kann man die Entwicklung einer totalen, stark faltigen, gyriformen Netzhauttrübung beobachten. Dann treten meist vor dem Ende des ersten Tages die früher erwähnten Medientrübungen auf, die das Ophthalmoskopiren unmöglich machen.

Die Cornea wird diffus getrübt, und aus der Tiefe bekommt man einen schmutzig braunen Reflex, der durch

Blutaustritt in die vordere Kammer bedingt wird. Der am Bulbus hängende Wundrand der Conjunctiva wird meist necrotisch, ein dickes Fibringerinnsel deckt die Wunde. Vom zweiten bis dritten Tage an macht sich eine Vascularisation der Hornhaut bemerklich, die jedoch anfangs nicht ganz circulär ist, da vom oberen Hornhautrand, soweit die Conjunctivalnecrose reicht, keine Gefässe eindringen. Erst einige Tage später vascularisirt sich die Wunde, und nun treten auch von oben her Gefässe in die weisslich getrübe Cornea ein. Die Hornhauttrübung nimmt rasch an Intensität zu und geht nach wenigen Tagen in eine dichte Infiltration über. Die Vascularisation ist eine besonders dichte und wulstige.

Constant kommt es weiterhin in diesen Fällen zu einer vollständigen eitrigen Einschmelzung der Hornhautmitte. Dieselbe kann einen käsig gelben Farbenton annehmen, die Oberfläche stösst sich ab, und es entsteht so eine Ulceration, der durch weiteres Abstossen der necrotischen Hornhaut eine Perforation mit Entleerung von necrotischem, eitrig infiltrirtem Bulbusinhalt nachfolgen kann. Auch eine Necrose und Perforation der Sclera kommt vor. Gewöhnlich fängt die Conjunctiva dabei reichlich zu secerniren an. Zuweilen überdeckt sich die Oberfläche des Auges mit einer dicken weisslichen Fibrinschicht, die den Conjunctivalsack ausfüllt. Die Vascularisation der Hornhaut nimmt immer mehr zu und zeichnet sich durch die wulstige Oberfläche aus; es entsteht ein richtiger Pannus crassus. Das Auge verkleinert sich rasch.

Es nimmt also in den Fällen, in denen die Netzhautgefässe und Ciliargefässe so ausgiebig wie möglich durchtrennt sind, in denen der Bulbus nur noch an einem Theil der geraden Muskeln hängt, der Process nach einigen Tagen einen ausgesprochen necrotischen und eitrigen Charakter an. Da ich, wie schon oben erwähnt, der Frage, ob eine secundäre Infection die Ursache der eitrigen Infiltration

des Bulbus abgiebt oder ob, wie es scheint, auch ohne eine solche der durch die Circulationsunterbrechung necrotisch gewordene Bulbus zu einem entzündungserregenden Fremdkörper wird und die eitrige Infiltration veranlasst, nicht näher treten will, so möchte ich hier auf den weiteren Verlauf und Ausgang dieser eitrigen Processe nicht eingehen.

Die Gefässinjection, bei der so gut wie gar nichts von Injectionsmasse in den Bulbus eindringt, bestätigt, dass durch diese Methode sämtliche zuführende Gefässe bis auf die feinen von den erhaltenen Muskelgefässen abgehenden Aestchen durchtrennt werden. Injicirt man das Auge einige Tage nach dem Eingriff, so fällt vor allem die Vascularisation der Hornhaut auf, sowie das Eindringen neugebildeter Gefässe in die Sclera. Netzhaut, Aderhaut, Ciliarkörper und Iris sind frei von Injectionsmasse.

Von den histologischen Veränderungen interessiren hier auch nur die Veränderungen während der ersten Tage nach dem Eingriff, da weiterhin das Eindringen von Eiterkörperchen in das Auge überhand nimmt.

Man findet zum grossen Theil die früher schon beschriebenen Veränderungen, nur dass sie besonders frühzeitig und besonders hochgradig entwickelt sind. Dieselben bestehen in einer acut einsetzenden Necrose und fibrinösen Durchtränkung des Bulbus, denen eine eitrige Infiltration von aussen her nachfolgt. Die Cornea quillt rasch auf und zeigt die oben erwähnten Fibrinknäuel in grosser Massenhaftigkeit, in den peripheren Schichten am zahlreichsten, nach der Mitte zu abnehmend. Von der Peripherie dringen in der ganzen Dicke der Membran Gefässe vor. Die Sclera ist verdickt, auf grosse Strecken necrotisch, die einzelnen Bündel quellen auf, von aussen her dringen Lymphzellen zwischen die Bündel ein. Nach einigen Tagen sieht man Anfänge einer Vascularisation der Sclera. Iris und Aderhaut sind stark verdickt, fibrinös durchtränkt, zeigen eine schlechte Färbung der Zellkerne. Die Gefässe sind theils mit Blut, theils

mit Fibrin ausgefüllt. Das Pigment wird rasch aus den Zellen ausgeschwemmt und dringt regellos in die Umgebung vor. Im Kammerwinkel trifft man dichte Pigmenthaufen an. Vom Ciliarkörper gilt dasselbe. Das Pigment liegt theils frei, theils in Zellen auf der Linsenkapsel oder in Fibrin eingeschlossen in der hinteren Kammer. Die vordere Kammer ist seicht, mit Fibrin, Pigment und Blut ausgefüllt. Die Linse zeigt die oben beschriebenen Veränderungen in noch höherem Grade. Der Glaskörper schrumpft enorm, hebt sich vorn und hinten ab, ist stark fibrinös durchtränkt.

Die stark körnig getrübe Netzhaut ist bedeutend verdickt und zerfällt rasch. Streckenweise ist sie vollständig necrotisch mit mangelnder Zellkernfärbung; das Pigmentepithel auf grosse Strecke abgestossen und aufgelockert, die Zellen necrotisch. Die Markflügel zerfallen sehr rasch zu krümeligen Massen. Der Opticusstumpf und die Papille erscheinen ebenfalls necrotisch, die Kernfärbung mangelt. Hier treten bald Lymphkörperchen auf. Merkwürdig ist, dass ich mehrfach die Wände der Capillaren enorm gequollen und hyalin degenerirt gefunden habe. Sie färben sich mit Eosin und Picrinsäure sehr lebhaft.

Während man in den ersten Tagen nur wenig Lymphzellen im Inneren des Bulbus antrifft, nimmt der Gehalt derselben, wie erwähnt, bald zu, so dass es zu einer enormen Infiltration und eitrigen Zerstörung der Membranen kommt. Die in den ersten Tagen sich darbietenden Veränderungen des Auges sind jedenfalls als die unmittelbaren Folgezustände der vollständigen Circulationsunterbrechung anzusehen.

Die aus den mitgetheilten, am Kaninchen angestellten Versuchen sich ergebenden Resultate lassen sich, soweit sie die Bedeutung der Unterbrechung der Aderhaut- und Netzhautcirculation und die Bedeutung der Sehnervendurch-

schneldung für die Netzhaut dieses Thieres betreffen, in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Die Durchschneidung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Centralarterie bietet anfangs so gut wie keine Aenderung des ophthalmoskopischen Bildes. Erst nach einiger Zeit tritt eine weisse Verfärbung der Papille auf und nach ca. vier Wochen der Beginn einer Atrophie der markhaltigen Nervenfasern in der Retina. Der Schwund nimmt im weiteren Verlauf gleichmässig zu, so dass nach einigen Monaten die Markflügel so gut wie vollkommen verschwunden sind. Die Papille zeigt dann eine Zunahme der Excavation — atrophische Excavation. Die Circulation der Retina bleibt unverändert. Die Netzhaut nimmt in dem späten Stadium etwas an Durchsichtigkeit ab und ist als zarter grauer Schleier sichtbar.

Anatomisch kann man den Zerfall und Schwund der Nervenfasern verfolgen. Die Degeneration ergreift sodann die Ganglienzellen, aber so langsam, dass sich noch nach sechs Monaten wohlerhaltene Zellen finden.

2) Die Durchschneidung des Sehnerven und der Netzhautgefässe hat ophthalmoskopisch ein sofortiges Blasswerden der Papille und der Markflügel, sowie eine rasch auftretende Verengung der Gefässe und baldigen Zerfall der Blutsäule im Gefolge.

Die Wiederherstellung der Circulation in der Netzhaut kann in seltenen Fällen so gut wie ganz ausbleiben, während auf der Papille feine Aeste wieder zu Tage treten. Meist jedoch stellt sich nach ca. ein bis zwei Wochen eine wenn auch unvollkommene Circulation durch neue Gefässverbindungen her, die von dem Aderhautrand am Foramen sclerae, von der Sehnervenscheide und von den episcleralen Ciliargefässen herkommen.

Die Durchschneidung der Netzhautgefässe hat keine Netzhauttrübung zur Folge. Tritt irgendwo eine solche auf, so ist die Aderhautcirculation an dieser Stelle unterbrochen.

Der weitere Verlauf der Atrophie der Markflügel unterscheidet sich nicht von der einfachen Durchschneidung des Opticus dicht hinter dem Eintritt der Centralarterie. Die zeitlichen und anatomischen Verhältnisse sind dieselben.

Eine dauernde Unterbrechung der Netzhautcirculation lässt sich durch Brennen der Papille und des Aderhautrandes nach der Sehnervendurchschneidung dicht am Auge erreichen.

3) Die halbseitige Durchschneidung der langen und kurzen hinteren Ciliararterien, die vom Auge, ohne dass die Form leidet, vollkommen gut vertragen wird, hat eine rasche Degeneration sämtlicher Netzhautschichten im Gefolge, die ophthalmoskopisch mit einer nach wenigen Stunden ausgebildeten grauweissen Netzhauttrübung beginnt. Nur der Markflügel ist relativ wenig betheilig. Da sich die Circulation in der Aderhaut nach wenigen Tagen zum grössten Theil wieder herstellt, degenerirt nicht die ganze Netzhauthälfte. Man findet auf der betreffenden Seite die verschiedensten Grade der Degeneration bis zu vollständigem Schwund neben einander, wobei die äusseren Schichten am hochgradigsten und zuerst betroffen sind. In die degenerirte Netzhaut wandert Pigment ein.

4) Durchschneidet man den Sehnerv mit den Netzhautgefässen und dazu auf einer Seite die Ciliargefässe, so tritt ausser der gewöhnlichen Netzhautdegeneration ein rascher Zerfall und Schwund des Markflügels der betreffenden Seite auf, während der Markflügel der anderen Netzhauthälfte in der gewöhnlichen Weise atrophirt.

5) Die Durchschneidung sämtlicher Ciliargefässe und des Opticus mit den Retinalgefässen hat eine Necrose und raschen Zerfall der ganzen Netzhaut, die Markflügel eingeschlossen, im Gefolge. Nach wenigen Tagen ist die Netzhaut kaum mehr zu erkennen, da massenhafte Eiterkörperchen von aussen her in den necrotischen Bulbus einwandern.

Die mitgetheilten Beobachtungen stimmen zum Theil mit den früher gewonnenen Resultaten, z. B. denen Rosow's und Leber's überein, zum Theil weichen sie von ihnen ab, wie vor allem von denen Berlin's. Meine Untersuchungen stellen aber die Berlin'schen Beobachtungen in ein ganz anderes Licht, vermögen die Differenzpunkte zu erklären und manche Berlin damals unerklärt gebliebene Punkte jetzt klar zu stellen. Da Berlin seine Thiere nicht injicirt hat, so bezog er einen Theil der beobachteten Veränderungen auf die Durchschneidung der Netzhautgefäße. Bei der von ihm am Kaninchen geübten Operationsmethode — Durchschneidung des Sehnerven von vorn her mittelst eines am oberen Orbitalrand in die Orbita geführten v. Graefe'schen Messers — muss er aber bis auf zwei Fälle, in denen der Opticus offenbar weiter in der Tiefe der Orbita getroffen wurde, und in denen dementsprechend auch die Netzhautcirculation keine Veränderungen zeigte, jedesmal Ciliargefäße mitdurchschnitten haben. Da er so häufig rapide Phthisis bulbi bekam, so muss in diesen Fällen die Verletzung zahlreiche, wenn nicht alle Ciliargefäße betroffen haben. In den gelungenen und nicht phthisisch gewordenen Fällen — von dreissig Versuchen sechs — hat er nur einen Theil der Ciliargefäße und zwar vornehmlich die medialen mit durchgeschnitten. Die von ihm beschriebene Netzhauttrübung trat hauptsächlich nur in der inneren Bulbushälfte auf und schnitt in der Mittellinie senkrecht ab. Es geht aus den Mittheilungen nicht zur Genüge hervor, ob die Fälle, in denen die ganze Netzhaut sich trübte, nicht sämmtlich durch Phthisis bulbi der Beobachtung entzogen wurden. Gerade das Beschränktbleiben der Netzhauttrübung auf die mediale Hälfte war Berlin unerklärlich, und er neigte dazu, es darauf zu beziehen, dass die Bedingungen zur Wiederherstellung der Circulation aussen günstiger wären. Wir wissen jetzt, dass die Netzhauttrübung die Folge von Verletzung der die betreffende Aderhautparthie versorgenden

Ciliargefäße ist. Und weiter werden durch denselben Umstand die von ihm beobachteten Pigmentveränderungen, die Atrophie der Retina und Verwachsung mit der Aderhaut und manches andere der geschilderten Veränderungen erklärt. Dort, wo die Aderhautcirculation nicht gestört war, fand er dann das Bild der Netzhautdegeneration, wie es nach der Durchschneidung des Nerven sammt den Netzhautgefäßen beobachtet wird.

Dass die häufig beobachtete acute Phthisis bulbi mit Hornhauttrübung nicht auf die Mittdurchschneidung der Ciliarnerven, sondern auf die ausgiebige Durchschneidung der die Gefäßhaut versorgenden Gefäße zu beziehen ist, dürften meine Versuche ebenfalls klar gelegt haben.

Ferner möchte ich hier darauf hindeuten, dass die Resultate, die Berlin beim Frosch nach extracranialer Durchschneidung des Nerven mit einem v. Graefe'schen Messer erzielte, ebenfalls mit meinen Befunden am Kaninchen insofern im Einklang stehen, als bei jenen Durchschneidungen die Arteria ophthalmica, die auch die Aderhaut mit versorgt, stets mit lädirt wird, wie Berlin selbst anführt.

Die Differenz im Verhalten der Netzhautgefäße, die Marckwort zwischen Durchschneidung und Umschnürung des Sehnerven aufstellte, dass nämlich in dem ersten Fall anfangs nur eine Verengerung der Gefäße, aber kein Zerfall der Blutsäule einträte, dass dagegen in dem zweiten Fall nach wenigen Minuten ein Zerfall der Blutsäule beobachtet würde, konnte ich insofern beim Kaninchen nicht bestätigen, als auch nach Durchschneidungen die Blutsäule nach wenigen Minuten in einzelne Stücke zerfiel.

Umschnürungen des Nerven habe ich nicht weiter angestellt, da einige in der Richtung unternommene Versuche mir die Schwierigkeit, die Netzhautgefäße mit zu unterbinden, darlegten. Im Uebrigen stimmen meine Resultate im Grossen und Ganzen mit den Marckwort'schen Beobach-

tungen überein, und zeigen, wie richtig Marckwort vermuthete, dass die Pigmentveränderungen von der Mitverletzung der Aderhautgefäße abhingen.

Abweichend von meinem Resultate ist jedoch, dass Marckwort beim Hund nach Durchschneidungen und Umschnürungen des Nerven sammt den Netzhautgefäßen schon nach kurzer Zeit eine hochgradige Atrophie der Retina eintreten sah, die in einem Fall schon nach vierzehn Tagen sämtliche Schichten ergriffen hatte. Da er aber anführt, dass auch das Pigmentepithel hochgradigst zerstört, und dass Pigmentmoleküle in die zu einem Detritus zerfallenen Netzhautschichten eingedrungen waren, so möchte ich doch glauben, dass mehr Ciliargefäße mit verletzt wurden, als Marckwort vermuthet, und dass hier keine einfache Durchtrennung des Nerven mit Aufhebung der Netzhautcirculation vorlag.

Schon eingangs habe ich hervorgehoben, dass man nur mit grosser Reserve aus den ophthalmoskopischen und anatomischen Veränderungen bei meinen Versuchen auf das menschliche Auge Schlüsse ziehen darf. Denn es ist ja möglich, dass, wie die Gefäßversorgung der Retina bei beiden verschieden ist, auch die retinalen Gefäße für die Ernährung der Retina beim Menschen eine andere Bedeutung haben als beim Kaninchen, und dass mithin auch die Unterbrechung dieser Circulation andere Folgen hat. Wir müssen sehen, ob die bisher vorliegenden pathologischen Erfahrungen beim Menschen schon genügen, eine Differenz aufzustellen. So könnte man anführen, dass mit dem auf Grund der Thierversuche gewonnenen Satz, dass die vollständige Durchschneidung des Sehnerven sammt den Netzhautgefäßen keine Netzhauttrübung bedingt, das Verhalten der menschlichen Retina bei der vollständigen Embolie der Centralarterie, bei der doch eine vollkommene

Unterbrechung des arteriellen Zuflusses stattfindet — die kleinen ciliorretinalen Verbindungen sind ohne Belang — im Widerspruch stände, da ja hier constant eine diffuse Netzhauttrübung, besonders in der Maculagegend, zu Stande kommt. Hier könnte jedoch ein Punkt, der bei beiden verschieden liegt, die Differenz des Bildes erklären, nämlich das Verhalten der Venen. Bei meinen Versuchen werden Arterien und Venen durchschnitten, das Blut läuft zum grössten Theil aus den offenen Gefässen ab, Arterien und Venen sind auf der Papille und bis in die Netzhaut hinein blutleer, bei der Embolie dagegen ist der venöse Weg frei. Bei der Embolie wird fast immer ein Weiterwerden der Venen beobachtet. Wenn auch bekanntlich die Stase in den Venen nicht so hochgradig wird, dass Blutungen auftreten, was nach Leber's Ansicht durch den intraocularen Druck verhindert wird, so ist immerhin eine deutliche venöse Hyperämie meist vorhanden, die ein Austreten von Flüssigkeit und damit den Grund zur Netzhauttrübung abgeben könnte.

Uebrigens möchte ich an dieser Stelle darauf hinweisen, dass mit Unrecht früher die bei den Kaninchenversuchen in Erscheinung tretende Netzhauttrübung, die, wie meine Versuche ergeben, eine Folge der Ciliargefässdurchschneidung ist, und die bei Embolie der Centralarterie in der menschlichen Retina auftretende Trübung gleich gestellt wurden. Abgesehen davon, dass die Trübung, die z. B. Berlin bei seinen Durchschneidungen erhielt, meist nur einen Theil der Netzhaut betraf und abgesehen davon, dass die getrübbte Parthie constant reichliche Faltenbildung aufwies, so unterschied sie sich auch noch durch die Intensität und den weiteren Verlauf, wie ich aus meinen Versuchen, die dieselben Bilder gaben, schliessen kann. Bei der Embolie beobachtet man eine diffuse, hauptsächlich den hinteren Augenpol einnehmende, gleichmässige weissliche Netzhauttrübung.

Wie bekannt, herrscht noch ein Dunkel über die Ursache der Netzhauttrübung bei der Embolie und über den der Trübung zu Grunde liegenden anatomischen Befund. Denn es ist bisher noch kein Fall von Embolie im ersten Stadium zur anatomischen Untersuchung gekommen. Da die Trübung in der Umgebung der Papille und in der Maculagegend am stärksten ist und nach dem Aequator zu abnimmt, so könnte man daran denken, dass sie hauptsächlich an die Nervenfaserschicht gebunden wäre. Da sie ferner stets nach verhältnissmässig kurzer Zeit zurückgeht, so kann man sie kaum auf eine tiefergehende anatomische Veränderung der Netzhaut beziehen. Denn hinge sie z. B. mit der Degeneration der Nervenfasern zusammen, so wäre nicht zu verstehen, weshalb sie früher zurückginge, als die Degeneration beendet ist. Ich möchte vermuthen, dass es sich um ein vorübergehendes Oedem, vornehmlich der Nervenfaserschicht, als Folge der Circulationsstörung handelt. Ob dabei, wie oben vermuthet, das Offenbleiben der Venen von Bedeutung ist, lässt sich zur Zeit noch nicht entscheiden.

Kaninchenversuche, die dahin zielten, die Centralarterie allein zu verlegen, während die Venen wegsam bleiben sollten, misslangen mir bisher. Ich versuchte nämlich mit einem ganz spitzen Brenner des Galvanokauters nur die Arterie im Nerven zu treffen und die seitlich austretenden Venen zu schonen. Wie die Injection zeigte, traf ich aber entweder die Arterie nicht, oder ich verletzte auch die Venen. Auch Versuche über Embolie habe ich bisher noch nicht ausführen können, doch habe ich mir vorgenommen, diesen Punkt noch experimentell anzugreifen.

Aus den Folgen der Embolie kann man also bisher noch keinen principiellen Unterschied des Verhaltens der Retina beim Menschen und Kaninchen herleiten, solange nicht der Einfluss des Wegsambleibens der Venen klargelegt ist. Das weitere ophthalmoskopische Verhalten der Netzhaut bei Embolie stimmt wieder mehr mit den beim Kaninchen er-

haltenen Resultaten der Durchschneidung überein. Denn sowie die Trübung sich verloren hat, gewinnt die Netzhaut anfangs ihre volle Durchsichtigkeit wieder und, was das wichtigste ist, es bleibt eine Pigmentirung der Netzhaut aus, wenn auch die Circulation dauernd ganz oder nahezu ganz erloschen bleibt. Dies scheint auch zu beweisen, dass bei der Embolie der Centralarterie nicht eine gleichzeitige Embolie der Ciliararterien mit im Spiel ist, die die Netzhauttrübung hervorruft. Auf die Wiederherstellung der Netzhautcirculation nach der Embolie, bei der noch manches unklar ist, gehe ich hier nicht ein. Es spricht also dieses Verhalten entschieden dafür, dass ebenso wie beim Kaninchen die Vernichtung der Netzhautcirculation keine Netzhautdegeneration mit Pigmenteinwanderung herbeiführt. Um die Folgen, die die Aufhebung der Netzhautcirculation für die Structur der Retina des Menschen hat, zu ersehen, muss man sich an die anatomischen Befunde von Embolie der Centralarterie halten, die freilich noch recht spärlich sind.

In dem Fall von Embolie der Centralarterie, den Schweigger¹⁾ anderthalb Jahr nach der Embolie untersucht hat — der erste Fall, der zur anatomischen Untersuchung kam —, zeigte die Retina schon zu starke Leichenveränderungen, als dass die Untersuchung nach dieser Richtung etwas befriedigendes hätte ergeben können.

Aehnlich steht es mit Sichel's²⁾ Fall, bei dem das Auge erst 60 Stunden post mortem in Müller'sche Flüssigkeit gelegt werden konnte. Auch hier war die Retina schon so stark cadaverös verändert, dass sich über die histologischen Veränderungen nichts mehr ergab. In dem von Priestley Smith³⁾ mitgetheilten Fall fehlt eine Angabe über das Verhalten der Retina.

¹⁾ Vorlesungen über den Gebrauch des Augenspiegels. Berlin 1864. S. 141.

²⁾ Archiv. de physiol. 1872, 1, S. 214.

³⁾ Brit. med. Journ. 1884, Apr. 4, S. 452.

Nettleschip¹⁾ hatte Gelegenheit, ein Auge vier Monate nach der Embolie zu untersuchen, das wegen hinzugetretenen acuten Glaucoms enucleirt war. Die Netzhautschichten waren noch gut erhalten; bis auf ein diffuses Oedem der Netzhaut und Verlängerung der Stäbchen und Zapfen fand sich keine wesentliche Veränderung. In einem zweiten Fall dagegen, in dem ebenfalls wegen dazugetretenen Glaucoms sechs Monate später enucleirt werden musste, war die Retina weniger gut erhalten und zeigte eine teilweise Atrophie, die sich auch auf die Stäbchen und Zapfen erstreckte.

Eine weitere anatomische Untersuchung stammt von Schmidt-Rimpler²⁾, die einen Fall betrifft, der klinisch von dem gewöhnlichen Bild abwich. Ca. zwanzig Stunden nach der plötzlichen Erblindung ergab die ophthalmoskopische Untersuchung eine starke Verengerung der Centralarterie, Verdickung der Venen und Trübung der Maculagegend. Tags darauf zeigte sich leichtes Lidödem, Chemosis, Exophthalmus, die Pupille war trotz Atropingebrauch nicht mittelweit, die Kammer klar; auf der Linsenkapsel trat ein Exsudatring auf; die Netzhauttrübung hatte zugenommen, der Glaskörper war weniger durchsichtig. Tags darauf zeigte sich die ganze Netzhaut getrübt; die Glaskörpertrübungen nahmen zu, so dass eine Zeit lang kein deutliches Bild vom Augenhintergrund zu bekommen war. Allmählich ging das Bild der Iridochorioiditis zurück. Nach vier Monaten war die Atrophie der Papille und Retina ausgesprochen, zudem waren Pigmentveränderungen der Aderhaut und hier und da auch Pigmentflecke in der Netzhaut zu sehen. Nach zehn Monaten kam der Fall zur Section. Die anatomische Untersuchung ergab, dass die Netzhaut und Aderhaut streckenweise innig verklebt und gerade an diesen Stellen hochgradig bindegewebig degenerirt und mit Verlust des

¹⁾ Ophth. Hosp. Rep. VIII, 1, S. 9—20.

Ophth. Hosp. Rep. VIII, 2, S. 251—259.

²⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XX, 2, S. 287.

Pigmentepithels atrophirt waren. An den besser erhaltenen Stellen, an denen, wie aus der Beschreibung hervorzugehen scheint, Netzhaut und Aderhaut nicht verklebt, und letztere ebenfalls bis auf Hyperämie und einzelne Extravasate intact war, zeigte die Netzhaut einen Schwund der inneren Schichten und eine Verbreiterung der Stützfäsern. Der Glaskörper war ebenfalls verändert und enthielt Reste von Blutungen.

Höchst bemerkenswerth an diesem Fall ist der Umstand, den auch Schmidt-Rimpler in seiner Besprechung hervorhebt, dass ausser der Embolie der Arteria centralis retinae noch embolische Verstopfungen von Ciliararterien vorlagen, die das Krankheitsbild von dem typischen Bild der Retinalembolie erheblich abweichen liessen. Inwieweit die Verstopfung der Ciliargefässe auf die Netzhauttrübung einen Einfluss hatte, lässt sich schwer ausmachen, da ja so wie so eine Netzhauttrübung als Folge der Embolie der Centralarterie auftritt. Doch scheint die Trübung ausgedehnter und intensiver gewesen zu sein als bei der einfachen Embolie der Arteria centralis retinae, wenigstens führt Schmidt-Rimpler an, dass die ganze Netzhaut getrübt gewesen sei.

Jedenfalls sind auf die Störung der Aderhautcirculation die später mit dem Spiegel wahrnehmbare Atrophie dieser Membran, die Pigmentveränderungen derselben und die Pigmenteinwanderung in die Retina zu beziehen. Und anatomisch ist gerade dort, wo die Aderhautcirculation gestört ist, auch die Retina mit Einschluss des Retinalpigments vollständig degenerirt, während an den anderen Stellen die Schichten zum Theil bedeutend besser erhalten sind und Veränderungen zeigen, die wohl auf die Circulationsstörung der Netzhaut und Atrophie des Sehnerven zu beziehen sind.

Dieser Schmidt-Rimpler'sche Fall kann also keineswegs die Folgen einer alleinigen Circulationsunterbrechung der Netzhautgefässe durch Embolie auf die Netzhaut demon-

stiren, vielmehr ist er ein Beweis, dass, wie bei den Thierversuchen, auch beim Menschen eine Unterbrechung der Circulation in den Ciliargefäßen eine vollständige Netzhautdegeneration nach sich zieht.

Eine weitere anatomische Untersuchung rührt von Popp¹⁾ her. Klinisch war das typische Bild einer Embolie der Centralarterie beobachtet, jedoch fand sich nach dem drei Jahre später erfolgten Tode bei der anatomischen Untersuchung kein Embolus in der Centralarterie der Netzhaut. Der entsprechende Opticus war bis in den gegenüberliegenden Tractus hinein stark atrophisch. Die Retina zeigte eine Atrophie der Nervenfaserschicht und der Ganglienzellen bei sonst normalen Schichten. Ebenfalls wurde kein Embolus gefunden in dem von Loring²⁾ klinisch beobachteten und von Delafield anatomisch untersuchten Fall, bei dem das Auge zwei Monate nach der Embolie wegen hinzugetretenen Glaucoms enucleirt wurde. Einige der grösseren Aderhautgefäße fanden sich hier verstopft. Die Nervenfaserschicht war atrophisch, die übrigen Schichten im ganzen normal, nur die Stäbchen-Zapfenschicht nicht gut erhalten. Ob dieses Folge von Leichenveränderungen war, oder ob die Stäbchen nur dort, wo die Aderhautcirculation gestört war, schlecht erhalten waren, wird nicht erwähnt.

Eine weitere anatomische Untersuchung hat Hirschberg³⁾ mitgetheilt. Ca. sechs Monate, nachdem das Auge unter dem Bild einer Embolie der Arteria centralis retinae erblindet war, starb der Patient in Folge seines Vitium cordis. In der Netzhaut fehlten die Nervenfaser- und die Ganglienzellenschicht; die Zwischenkörnerschicht zeigte eine Auflockerung durch Oedem, die musivischen Elemente waren unverändert. In der Arteria centralis retinae fand sich je-

¹⁾ Inaug.-Dissert. Erlangen 1875.

²⁾ Americ. Journ. of the med. scienc. 1874, S. 313.

³⁾ Centralbl. f. Augenheilk. 1884, S. 1.

doch kein Embolus, was Hirschberg anzunehmen veranlasste, dass der Embolus weiter oben an einer Stelle, die nicht zur Untersuchung gelangte, sässe.

In einem von Schnabel und Sachs¹⁾ anatomisch untersuchten Fall fehlten die Nervenfasern und die Ganglienzellen der Netzhaut vollständig, während die innere Körnerschicht etwas verdünnt, die äussere Körnerschicht aber und die Stäbchen-Zapfenschicht normal aussahen. Das betreffende Auge war drei Monate vorher plötzlich unter dem Bild der Embolie erblindet. Schon 24 Stunden später war eine Wiederherstellung der Circulation zu beobachten gewesen, doch blieben die Netzhautgefässe eng. Der Embolus hatte, wie die anatomische Untersuchung feststellen konnte, die Centralarterie nicht vollständig obturirt; es war ein etwa ein Drittel des Arterienmessers tragender Raum wegsam geblieben.

Wie man aus den angeführten anatomischen Untersuchungen über die Embolie der Centralarterie des Menschen ersieht, ist das Untersuchungsmaterial noch ein recht spärliches und unvollkommenes; so ist das erste Stadium noch gar nicht zur Untersuchung gekommen. Es ist nach dem vorliegenden Material noch nicht zweifellos festzustellen, welche Veränderungen die uncomplicirte Embolie der Arteria centralis retinae in der Netzhaut macht. In einigen der Fälle war die Netzhaut cadaverös verändert, in anderen fand sich, trotzdem die Fälle klinisch vollständig dem typischen Bild der Embolie angehörten, bei der anatomischen Untersuchung kein Embolus in dem der Untersuchung zugänglichen Stück der Centralarterie; in dem Schnabel-Sachs'schen Fall war die Arterie nicht vollständig obturirt, so dass eine wenn auch verminderte Circulation neben dem Embolus möglich war, und in dem Schmidt-Rimpler'schen Fall, in dem stellenweise eine beträchtliche Netzhautdegeneration sich fand, war auch die Aderhaut-

¹⁾ Archiv f. Augenheilkunde XV, 1885, S. 11.

circulation stark in Mitleidenschaft gezogen; die beiden Nettleship'schen Fälle, bei denen zudem ein Glaucom hinzugetreten war, widersprechen sich. Soviel scheint festzustehen, dass in Folge der Embolie der Centralarterie die Nervenfaserschicht und die Ganglienzellen schwinden, während die äusseren Schichten, wenn überhaupt, erst spät Veränderungen zeigen. Eine Degeneration der Netzhaut mit Pigmenteinwanderung dagegen, die man ja auch mit dem Spiegel müsste nachweisen können, ist auszuschliessen.

Ein Punkt, der bisher nicht berührt ist, verdient noch Erwähnung, nämlich, dass nach der Embolie sofortige Erblindung eintritt und eine mit dem Spiegel wahrnehmbare Sehnervenatrophie sich anschliesst. Beim Kaninchen sind die Folgen der alleinigen Unterbrechung der arteriellen Netzhautcirculation bisher nicht erforscht, aber es ist nicht zu zweifeln, dass auch hier an die Embolie der Centralarterie eine sofortige Erblindung mit nachfolgender langsamer Atrophie des leitungsunfähig gewordenen Nerven sich anschliessen würde. Es würde die Unterbrechung der Netzhautcirculation, von der ich mir vorstelle, dass sie für die Function des Nerven, für seine Leitungsfähigkeit den grössten Einfluss hat, etwa dieselbe Wirkung haben wie eine Durchschneidung der Nervenbahn. Verschiedene Ursachen rufen dieselbe Wirkung hervor. Die Durchtrennung der Nervenleitung bei Erhaltung der Arteria centralis retinae bedingt eine Atrophie der nervösen Elemente; und dasselbe wird veranlasst durch eine isolirte Circulationsstörung in der Centralarterie durch Embolie bei Erhaltung der Nervenleitung.

Ausser der Embolie interessiren uns hier noch die Beobachtungen von Durchtrennung des Opticus beim Menschen, sei es durch Verletzungen, sei es durch operative Eingriffe. Wir müssen darauf noch eingehen und sehen, ob die Folgezustände der Sehnervendurchtrennung beim Menschen den beim Kaninchen gewonnenen Resultaten analog sind, oder ob sie eine Differenz aufweisen.

Die bekannten Läsionen des Opticus centralwärts vom Eintritt der Centralgefäße, wie z. B. die Abquetschungen des Nerven am Foramen opticum durch Knochensplitter bei Basisfracturen, verlaufen, ganz analog den tiefen Durchschneidungen des Nerven beim Kaninchen, anfangs ohne ophthalmoskopischen Befund, bis später in Folge der descendirenden Atrophie eine weisse Verfärbung der Papille sich einstellt. Leber¹⁾ beobachtete einen derartigen Fall, bei dem er zuerst, da er sofort in Behandlung gekommen war, die Zeit, die zur Fortpflanzung der Atrophie bis zum Auge nöthig war, constatieren konnte. Während der ophthalmoskopische Befund anfangs völlig normal war, machte sich der erste Beginn von Entfärbung der Papille schon nach vierzehn Tagen, deutlicher nach drei Wochen bemerkbar. Weitere Befunde, hauptsächlich nach Verletzung des Nerven centralwärts vom Eintritt der Centralgefäße, bestätigten, dass nach ca. zwei bis vier Wochen, wohl je nach Tiefe der Durchschneidung verschieden, eine deutliche Atrophie einsetzt.

Beachtenswerth ist, dass in seltenen Fällen von Durchtrennung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Gefäße nach Verletzungen durch Eindringen von Fremdkörpern in die Orbita doch eine Netzhauttrübung beobachtet wurde, die auf eine Commotio retinae bezogen wurde. Instructiv in dieser Beziehung ist ein von Treitel²⁾ mitgetheilter Fall von Verletzung durch Säbelstich in die linke Orbita, bei dem wegen des normalen Aussehens der Papille und der Netzhautgefäße nur eine Durchtrennung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Retinalgefäße angenommen werden konnte. Erst nach vierzehn Tagen fing die temporale Papillenhälfte an sich zu verfärben, und nach vier Wochen war die ganze Papille weisslich. Die

¹⁾ v. Graefe-Sämisch, Bd. V, S. 919.

²⁾ Archiv f. Augenheilkunde X, S. 464.

hier beobachtete Netzhauttrübung wurde als Folge einer *Commotio retinae* durch den am *Bulbus* hingleitenden Degen angesehen.

Von grösserem Interesse sind jedoch die Durchtrennungen des *Opticus* so dicht am Auge, dass die Centralgefässe mitgetroffen werden.

Hier liegen zunächst zwei Beobachtungen von H. Pagenstecher¹⁾ vor, von denen die eine, die genauer beobachtete, sich auf die Folgen einer Verletzung bezieht und die andere auf die Durchschneidung des *Opticus* hart am *Bulbus* gelegentlich der Exstirpation eines Orbitaltumors mit Erhaltung des Auges.

In dem ersten Fall handelte es sich um ein 12jähriges Mädchen, dem die eiserne Spitze einer Stange in die rechte Orbita gedrungen war, eine über einen Zoll lange Wunde am *margo supraorbitalis* setzend. Die Wunde blutete stark, es trat Bewusstlosigkeit ein, später Erbrechen und am 4. Tage wurde die Erblindung des rechten Auges bemerkt, weshalb das Kind der Wiesbadener Klinik zugeführt wurde. Die Wunde eiterte mässig. Es fand sich mit dem Spiegel eine ausgedehnte Netzhauttrübung im hinteren *Bulbus*abschnitt, die Peripherie war roth. Die Retinalgefässe waren zum Theil leer, zum Theil bestand ein Zerfall der Blutsäule. In der Peripherie sah man die Aderhaut und erkannte auch hier Veränderungen, weisse Flecken mit blutleeren Gefässen. Die Netzhauttrübung am hinteren Pol ging allmählig zurück, die Netzhautcirculation stellte sich langsam wieder her, indem dabei die Gefässfüllung wechselte; Stellen, die heute bluthaltig waren, waren morgen wieder leer. Es kam weiterhin zu einer übernormalen Blutfüllung in den Gefässen, doch waren Arterien und Venen nicht zu unterscheiden, auch war bei Druck keine Pulsation zu erkennen. Die Wiederherstellung der Blutsäule leitete sich von der Papille, nicht von der Peripherie her ein. Weiterhin nahmen dann die Gefässe wieder an Füllung ab, bis sie sich schliesslich immer mehr verdünnten; auch trat ein Extravasat auf; Hand in Hand mit dem Zurückgehen der Netzhauttrübung

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XV, 1, S. 223.

ging das Hervortreten von chorioretinitischen Veränderungen mit Pigmentanhäufung. Die Aderhaut liess bedeutende Veränderungen erkennen, das Pigmentepithel schwand an einzelnen Stellen, häufte sich an anderen an und wucherte in die Netzhaut und in die atrophische Papille.

In dem anderen Auge fanden sich bei der Aufnahme ebenfalls periphere atrophische Aderhautherde bei normaler Sehschärfe.

Unzweifelhaft war in dem angeführten Fall der Opticus so durchtrennt, dass die Centralgefässe mitgetroffen waren. Die Beschreibung der Veränderungen und Vorgänge an den Netzhautgefässen stimmt mit den Befunden an Thieren vollständig überein. Erst das Zerfallensein der Blutsäule, dann die allmähliche Füllung der Gefässe mit wechselndem Aussehen, — die Stellen, die heute gefüllt sind, sind morgen leer, kleine Aeste, die sonst kaum hervortreten, sind überreich gefüllt — dann wieder die allmähliche Abnahme des Calibers bis zum Verschwinden, kurz alles, wie man es bei den Opticusdurchschneidungen sammt Retinalgefässen bei Thieren sieht. Es fragt sich nur, ob auch die circumpapilläre Netzhauttrübung und die nach dem Zurückgehen derselben einsetzenden chorioretinitischen Veränderungen mit der reichlichen Pigmentirung allein auf die Durchreissung der Centralgefässe der Netzhaut bezogen werden können, was ja eine Differenz zwischen der reinen Durchtrennung beim Menschen und beim Kaninchen ergeben würde. Ich glaube nun nicht, dass der Pagenstecher'sche Fall geeignet ist, den Beweis zu geben, dass derartige Veränderungen als Folgezustände einer einfachen Durchtrennung des Nerven sammt den Centralgefässen auftreten, denn der Fall ist zu complicirt. Abgesehen davon, dass die tiefe Orbitalwunde inflicted war und noch nach zwanzig Tagen an einer Stelle eiterte, und abgesehen davon, dass eine Orbitalblutung bestand, Umstände, denen man direct oder indirect durch Druck oder secundär entzündliche Vorgänge oder Thrombosen einen Einfluss auf den Bulbus zuschreiben könnte,

lässt sich aus der Art der Verletzung sicher annehmen, dass auch Ciliargefässe mit verletzt waren.

Eine in die Orbita eindringende Eisenstange, die den Opticus dicht am Bulbus abreisst und dabei eine über einen Zoll lange Eingangswunde am Lid macht, wird sicher eine grosse Anzahl der hinteren Ciliararterien mit zerreißen, wenn sie nicht direkt einen grösseren Ast der Arteria ophthalmica durchtrennt. Dass wirklich erhebliche Circulationsstörungen in der Aderhaut stattgefunden haben, geht aus dem Befund direct hervor. Pagenstecher konnte mit dem Spiegel am fünften Tage Gefässunterbrechungen in der Aderhaut sehen. Wären das nur ganz geringfügige Verletzungen von die Aderhaut versorgenden Gefässen gewesen, so würde eine Circulationsstörung bei den reichlichen Anastomosen der Aderhaut am fünften Tage sicher nicht mehr zu sehen gewesen sein.

Sowie die Netzhauttrübung zurückging, traten auch Pigment- und Aderhautveränderungen zu Tage, ganz analog den combinirten Durchschneidungen bei Thieren. Zudem kommt noch in Betracht, dass die Aderhaut schon vorher höchst wahrscheinlich nicht ganz normal war, wie der Befund am anderen Auge vermuthen lässt.

Ich kann also den Pagenstecher'schen Fall nicht als beweisend dafür anerkennen, dass die reine Durchtrennung des Opticus sammt Retinalgefässen beim Menschen die beschriebenen Veränderungen hervorrufe, sondern glaube, dass hier eine Circulationsstörung in der Aderhaut durch Mitverletzung von Ciliargefässen im Spiele war, eine Combination, die bei Thieren übereinstimmende Bilder abgiebt.

Ebensowenig beweisend ist mir der andere von Pagenstecher¹⁾ angeführte Fall von Tumorexstirpation aus der Orbita mit Durchschneidung des Opticus dicht am Auge. Auch hier kann die am hinteren Pol aufgetretene Netzhaut-

¹⁾ *ibid.* S. 235.

trübung, nach deren Verschwinden Pigmentveränderungen auftraten, sehr wohl mit bedingt gewesen sein durch die bei der Exstirpation nicht zu vermeidende Durchschneidung von hinteren Ciliararterien.

Ebenfalls als nicht beweisend ist der von Just¹⁾ bekannt gegebene Fall von Zerreißung des Musculus internus und des Sehnerven durch eine in den inneren Augenwinkel eingedrungene stumpf-spitze Spille beim Weben anzusehen. Drei Tage nach der Verletzung fand Just an dem amaurotischen Auge ophthalmoskopisch eine ausgedehnte glänzend weisse Netzhauttrübung und scharf und deutlich sich abhebende Netzhautgefäße. Er stützt sich zur Erklärung dieses Bildes auf die Berlin'schen Versuche und schliesst aus dem Verhalten der Gefäße auf das Vorhandensein eines Collateralkreislaufs zwischen Netzhaut und Aderhaut. Ueber den weiteren Verlauf ist nichts mitgetheilt, und aus dem Umstande, dass über die Gefäße sonst nichts erwähnt ist, darf man schliessen, dass deren Füllung normal war. Ich glaube, dass dieser Befund anders zu deuten ist. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Durchtrennung des Opticus centralwärts vom Eintritt der Netzhautgefäße combinirt mit dem Auftreten einer Commotio retinae. Denn wären wirklich die Centralgefäße mit zerrissen gewesen, so hätten sicher nach drei Tagen die Netzhautgefäße keine normale Füllung zeigen können, wie ja auch der oben citirte Pagenstecher'sche Fall darthut. Eine so schnelle Wiederherstellung der Circulation wäre bei dem Fehlen grösserer Anastomosen kaum denkbar. Freilich könnte man entgegenhalten, dass nach Embolie wiederholt ein verhältnissmässig rasches Wiederherstellen der Circulation beobachtet ist. Dabei ist aber sicher die Wiederherstellung nicht bedingt durch die Anastomosenbildung, sondern durch Wiedewegsamwerden der alten Gefäße, sei es, dass der Embolus

¹⁾ Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XI, S. 8.

sich verschoben hat, sei es, dass er das Gefäss nur theilweise verstopft hat, wie z. B. anatomisch von Schnabel und Sachs festgestellt wurde. Auch für die Embolie gilt der Satz, dass bei vollkommenem Verschluss der Centralarterie eine vollständige Wiederherstellung der Circulation durch Anastomosen innerhalb so kurzer Zeit unmöglich ist.

Ferner ist eine Mittheilung Schweigger's¹⁾ anzuführen, die einen Fall von Erblindung durch Eindringen eines Schrotkorns in die Orbita betrifft. Der ophthalmoskopische Befund, eine halbe Stunde nach der Verletzung aufgenommen, war bis auf eine leichte Trübung in der Maculagegend normal. Weiterhin jedoch trat eine Retinaltrübung am stärksten in der Maculagegend auf, die der Trübung bei Embolie glich. Die Centralarterie war gefüllt, nur rief schon ein leiser Druck eine Pulsation hervor; die Venen zeigten an einzelnen Stellen ungleiche Füllung. Die Trübung ging innerhalb weniger Tage zurück, die Centralgefässe waren dann bis auf geringe Verengung normal. Schweigger hielt es für das wahrscheinlichste, dass das Schrotkorn in die Spitze des Orbitaltrichters vorgedrungen sei und dort den Opticus abgequetscht habe. Wenn Schweigger jedoch die bald nachher aufgetretene Retinaltrübung nicht auf eine Circulationsstörung, sondern auf den Eintritt von anatomischen Veränderungen durch Unterbrechung der Nervenleitung bezieht, so dürfte das nicht zutreffen, da die Abtrennung des Nerven am Foramen opticum, wie Beobachtungen beim Menschen und bei Thierversuchen sicher darlegen, keine Netzhauttrübung veranlasst, und da die Degeneration der Netzhautelemente viel später eintritt. Das Verhalten der Gefässe und das Auftreten der Netzhauttrübung legen die Annahme nahe, dass durch die Verletzung eine vorübergehende Circulationsstörung, die wohl ausschliesslich die Arterie getroffen hat,

¹⁾ Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XII, S. 25.

herbeigeführt wurde, so dass das Bild den Veränderungen der Embolie am meisten glich. Jedenfalls ist ein Abreißen des Opticus dicht am Auge mit Durchtrennung der Centralgefäße sicher auszuschliessen. Andererseits spricht die vorhandene Störung der Circulation dagegen, die Netzhauttrübung einfach als *Commotio retinae* aufzufassen. Da man also über die Art der vorübergehenden Circulationsstörung und über den Sitz der Verletzung nichts sicheres weiss, so kann dieser Fall hier nicht viel beweisen.

Auch der von v. Graefe¹⁾ in seiner Arbeit über Embolie der *Arteria centralis retinae* kurz angedeutete Fall von Durchtrennung des Opticus nach Verletzung durch Schlägerhieb ist weder in der einen noch in der anderen Richtung sicher zu verwerthen, da er zu wenig ausführlich mitgetheilt ist. v. Graefe fand in dem genannten Fall nicht lange nach der Verletzung eine starke Verengerung der Gefäße, ähnlich der bei Embolie, und nahm eine Zerreißung der im Opticus befindlichen Gefäße oder doch wenigstens der Arterie an. Aus dem Zusammenhang, in dem v. Graefe diese Mittheilung macht, kann man sicher schliessen, dass hier eine Netzhauttrübung oder sonstige Veränderungen der Netzhaut fehlten. Wäre die v. Graefe'sche Annahme richtig, so würde dieser Fall eher dafür sprechen, dass auch beim Menschen nach Durchtrennung des Opticus sammt den Gefäßen keine Netzhauttrübung auftritt.

Weiterhin hat Knapp²⁾ einen Fall von Stichverletzung der Orbita, bei dem die Erblindung unter dem Krankheitsbilde der Embolie der Centralarterie eintrat, mitgetheilt, der ebenfalls hier nicht als beweisend zu verwerthen ist, da der Opticus gar nicht dicht am Bulbus abgetrennt sein kann, weil noch Tags nach der Verletzung in allen Theilen des Sehfeldes quantitative Lichtempfindung bestand.

¹⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. V, 1, S. 142.

²⁾ v. Graefe's Archiv für Ophthalm. XIV, 1, S. 218.

Ophthalmoskopisch fand sich eine ausgedehnte Netzhauttrübung, starke Verengerung der Arterien und Ausdehnung der Venen. Auf Druck entleerte sich die Arterie, und das Blut in den Venen verschob sich in centrifugaler Richtung. Knapp nahm eine Compression des Opticus und der Centralarterie durch die Orbitalblutung an, ob mit Recht, erscheint mir zweifelhaft. Ich möchte lieber an eine secundäre intravasculäre Veränderung denken.

Von demselben Autor¹⁾ stammt noch eine weitere sehr beachtenswerthe Mittheilung von einem Fall von Carcinom der äusseren Sehnervenscheide, das mit Erhaltung des Bulbus extirpirt wurde. Da mir dieser Fall für die Beurtheilung der vorliegenden Fragen überaus wichtig erscheint, so will ich, was daraus hier von Belang ist, kurz referiren:

43jährige Frau mit einem seit drei Jahren beobachteten rechtsseitigen Orbitaltumor. Auge nach unten aussen gedrängt, Exophthalmus, Papillitis. $S = \frac{1}{10}$.

Operation: Conjunctivalschnitt zwischen Rectus superior und internus. Tumor von der Sclera abpräparirt bis zum Sehnerven, wobei die meisten hinteren Ciliargefässe durchschnitten werden mussten; Opticus dicht am Auge durchtrennt. Tumor von der Sclera vollends abpräparirt und dann aus der Tiefe der Orbita ausgeschält. Bulbus erhalten. Druck nicht vermindert.

Verlauf: Zweiter Tag: weissgelber Reflex aus der Tiefe; dritter Tag: Augenhintergrund gleichmässig trübe; die Sensibilität der Cornea innen fehlend, aussen herabgesetzt; vierter Tag: der mittlere Theil des Augenhintergrundes noch getrübt, die Peripherie roth. Fünfter Tag: von Retinalgefässen zwei spitz endende Stücke gesehen, wahrscheinlich Venen. Tn. Sechster Tag: Trübung etwas zurückgegangen, mehrere unvollständig gefüllte Netzhautgefässe zu sehen. Siebenter Tag: Zahlreiche, strahligh angeordnete Netzhautgefässe zu sehen; am hinteren Pol noch Netzhauttrübung, Peripherie roth.

Weiterhin stellte sich die Gefässfüllung wieder her, es trat eine venöse Hyperämie auf, die sich nach und nach be-

¹⁾ Archiv f. Augenheilk. IV, 2, S. 208.

trächtlich steigerte. Die Aufhellung der Netzhaut nahm zu. Am fünfzehnten Tage, dem Tage der Entlassung, war die Netzhauttrübung verschwunden, die venöse Hyperämie sehr bedeutend. Weiterhin kam es zu ausgiebigen Extravasaten; die Papille wurde blass, die Gefässe verschwanden und wurden zu weissen Strängen verwandelt. Es traten Pigmentherde auf.

Die Untersuchung im fünften Monat ergab: verminderte Spannung des Auges, Medien klar, Sensibilität der Hornhaut wie früher; weisser, strahlig auslaufender Fleck in der Gegend der Papille — neugebildetes Bindegewebe und obliterirte Netzhautgefässe. Ausgedehnte Atrophie der Aderhaut, auf der nasalen Seite bis an die Grenze des ophthalm. Gesichtsfeldes reichend, auf der temporalen nur bis jenseits der Macula gehend. Ausgedehnte Pigmentveränderungen in dieser Zone mit Einwanderung in die atrophische Netzhaut. Geringe Unebenheit der inneren Bulbusoberfläche.

In dem vorliegenden Fall wurden durch die Exstirpation des mit breiter Basis der Sclera, besonders in der nasalen Hälfte aufsitzenden Tumors der Sehnerv sammt den darin verlaufenden Centralgefässen der Retina, sowie die hinteren Ciliargefässe und Nerven vornehmlich auf der nasalen Seite durchtrennt. Die danach aufgetretenen Veränderungen stimmen fast vollständig mit den bei den analogen Thierversuchen überein. Was die Netzhauttrübung betrifft, so ist, da die Ciliargefässe in grosser Ausdehnung mitdurchschnitten wurden, nicht zu sagen, ob sie Folge der Circulationsunterbrechung in der Netzhaut oder der in der Aderhaut oder beider war. Jedenfalls unterschied sie sich von der Trübung nach Embolie der Centralarterie durch ihre Extensität, da anfangs der ganze Augenhintergrund getrübt war, während doch bei der Embolie der Centralarterie nur der hintere Augenpol in der Maculagegend und in der Umgebung der Papille betroffen wird. Sodann scheint auch die Intensität stärker gewesen zu sein als bei der einfachen Embolie. Dass die getrübt Netzhaut keine Faltungen zeigte im Unterschied zu den analogen Durchschneidungen beim Kaninchen erklärt sich daraus, dass die Spannung des Bulbus

nicht abgenommen hatte; der Druck wurde anfangs nicht vermindert gefunden.

Offenbar waren die langen Ciliararterien und die kurzen vorderen, die von den Muskelästen abgegeben werden, nicht mit verletzt, da ja kein Muskel durchschnitten wurde, während bei den entsprechenden ausgiebigen Durchschneidungen beim Kaninchen eine lange vordere und eine Anzahl der kurzen hinteren, also relativ bedeutend mehr von den zuführenden Arterien, durchtrennt werden. Es wird daher beim Menschen eine Abnahme des Tonus viel schwerer eintreten, da durch die genannten Gefäße ein entsprechend stärkerer, ausgleichender Zufluss stattfinden kann. Durchschneidet man beim Kaninchen nur die kurzen hinteren Arterien, so erhält man auch nur eine flächenhafte und keine faltige Trübung, da hierdurch die Spannung des Auges nicht beeinflusst wird.

Die allmähliche Wiederanfüllung der Netzhautgefäße, die durch die Anastomosen an der Papille und zwar von den Venen aus zuerst eingeleitet wurde, die aber nur eine vorübergehende war, entsprach auch ganz den Bildern, die man beim Kaninchen bekommt. Abweichend war nur das Auftreten der massenhaften Blutextravasate, da man beim Kaninchen nur vereinzelt kleine Retinalblutungen antrifft. Wahrscheinlich war der venöse Abfluss unzureichend, so dass bei Zufluss von Blut durch die Arterie eine Stase und Thrombose entstand. Ob bei der Gestaltung des Krankheitsbildes der Umstand von irgend einem Einfluss war, dass vorher eine Papillitis bestand, und dass vielleicht auch durch den Tumor die Gefäßverhältnisse verändert waren, will ich dahingestellt sein lassen. Möglicherweise hinge damit zusammen, dass später in der Gegend der Papille neugebildetes Bindegewebe auftrat.

Und weiter erstreckt sich die Uebereinstimmung dieses Falles mit den Thierversuchen darauf, dass dort, wo die Aderhautcirculation gestört war, später ausgedehnte cho-

rio retinitische Veränderungen mit Atrophie der Aderhaut, des Pigmentepithels und der übrigen Retina, mit unregelmässigen Pigmentanhäufungen und Einwanderung von Pigment in die atrophische Retina in Erscheinung traten.

Dieser Fall demonstirt deutlich, dass diese letztgenannten Veränderungen Folge der Schädigung der Aderhautcirculation sind. Denn nur dort, wo die Ciliargefässe durch das Abpräpariren des Tumors von der Sclera durchtrennt waren, haben wir diese Veränderungen. Wären sie abhängig von der Unterbrechung der Netzhautcirculation, so müsste die Pigmentirung überall gleichmässig aufgetreten sein.

Ein von Lawson¹⁾ mitgetheilter Fall kann weder in der einen noch in der anderen Richtung sicher verwerthet werden, da die Angaben zu ungenau sind. Es handelte sich um die Verletzung des Sehnerven mittelst eines in die Orbita von oben her eingedrungenen Messers. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung war die Papille weisslich verfärbt und die Gefässe eng und fadenförmig. Eine Netzhauttrübung wird nicht erwähnt. Leider fehlt die Angabe, wie lange nach der Verletzung gespiegelt ist. Nur aus dem Umstand, dass unter den Symptomen eine frische Narbe am Lid genannt wird, darf man vermuthen, dass es sich wohl nur um einige Tage gehandelt hat. Der Gefässbefund stimmt nicht zu einer Durchtrennung des Nerven centralwärts vom Eintritt der Retinalgefässe. Doch lässt sich bei den wenig ausführlichen Angaben über die Art der Verletzung wenig sicheres sagen.

Ebenfalls sind hier wenig zu verwerthen Fälle, in denen ausser der Durchtrennung des Nerven dicht am Auge noch anderweitige tiefgehende Verletzungen des Auges, wie vor allem intraoculare Blutungen, Netzhautablösung, Aderhaurupturen etc. vorliegen, oder in denen anderweitige Pro-

¹⁾ The Lancet 1875, 2. Januar.

cesse wie Eiterungen in der Orbita eine Complication abgeben. Ich rechne hierher den von Hirschberg¹⁾ mitgetheilten Fall von Ophthalmoplegia universalis oc. sin. traum., ferner eine von Karafiáth²⁾ bekannt gegebene Verletzung der Orbita durch Revolverschuss und zwei von Aschmann³⁾ mitgetheilte schwere Orbitalverletzungen durch Eindringen grösserer Fremdkörper mit Abreissen des Sehnerven von der Retina.

Von grösserem Interesse ist dagegen eine Sehnervenverletzung, die von Schliephake⁴⁾ in einer Dissertation aus der von Hippel'schen Klinik in Giessen mitgetheilt ist und die in vielem dem oben angeführten Pagenstecher'schen Fall gleicht.

Ein 23jähriger Patient erhielt einen Stoss gegen das untere Augenlid mit einem Billardqueue, der eine sofortige Erblindung des Auges im Gefolge hatte. Einen Tag nachher wurde bei seiner Aufnahme ausser Protrusion und Beweglichkeitsbeschränkung des Bulbus nach verschiedenen Seiten ophthalmoskopisch Blässe der Papille, Verschwommensein der Ränder und ausgedehnte Netzhauttrübung, am stärksten in der Maculagegend, constatirt. Arterien und Venen waren auf der Papille blutleer, nach der Peripherie zu fadenförmig sichtbar. In der Macula war kein rother Fleck wie bei Embolie zu sehen. Die Trübung ging nach mehreren Tagen zurück, hielt sich am längsten auf der temporalen Seite. Die Gefässe füllten sich langsam wieder etwas, die Venen zuerst, doch zerfiel die Blutsäule in einzelne Stücke, eine Circulation war nicht nachweisbar. Die Gefässe blieben dann dauernd sehr eng und kaum sichtbar.

Sowie die Trübung etwa nach vierzehn Tagen zurückgegangen war, traten sofort Pigmentveränderungen zu Tage und zwar am stärksten in der Maculagegend und im äusseren Bulbustheil, und es entwickelte sich nach und nach eine diffuse Entfärbung des Pigmentepithels mit gleichzeitiger Einwanderung des Pigments in die Netzhaut. Ausserdem wurde noch eine

¹⁾ Archiv f. Augenheilk. VIII, S. 169.

²⁾ Centralblatt f. Augenheilk. VIII, 423.

³⁾ Inaug.-Dissert. Zürich 1884.

⁴⁾ Inaug.-Dissert. Giessen 1888.

Anästhesie der äusseren Hornhauthälfte, der Conjunctiva und der Stirn- und Kopfhaut im Bereich des Nerv. supraorbitalis constatirt. Etwa nach sechs Wochen waren die Veränderungen zum Stillstand gekommen. Die Papille war von der Umgebung kaum abzugrenzen, die Arterien vollständig, die Venen nahezu vollständig unsichtbar; der Augenhintergrund in dem äusseren oberen und in dem unteren Abschnitt diffus entfärbt, das Stromapigment der Aderhaut atrophisch, das Retinalpigment in grosser Ausdehnung zu Grunde gegangen und Pigment in die Netzhaut eingewandert. Nur nach innen und nach innen oben war der Augenhintergrund ziemlich normal.

In der Besprechung des Falles wurde angenommen, dass der Opticus zwischen Bulbus und Eintritt der Centralgefässe abgerissen worden sei, und es wurde ausdrücklich hervorgehoben, dass der ophthalmoskopische Befund vollkommen dem Bild entsprochen habe, „welches wir seit Berlin als charakteristisch für die Durchtrennung des Opticus und seiner Gefässe kennen.“

Es kann meines Erachtens wohl kein Zweifel darüber herrschen, dass der Opticus sammt den zu- und abführenden Gefässen dicht am Auge durchtrennt wurde; das Verhalten der Gefässe stimmt mit dem Verhalten bei derartigen Durchschneidungen bei Thieren vollkommen überein. Aber ebenso sicher scheint mir zu sein, dass auch Ciliargefässe mit verletzt wurden und zwar vornehmlich die, welche die äussere und äussere obere Bulbusgegend versorgen. Es wäre ja auch a priori unnatürlich, wenn ein so grosser, in die Orbita tief eindringender Fremdkörper wie ein Billardqueue, der eine Zerreissung des Sehnerven und zahlreicher anderer Gebilde, wie Augenmuskeln und Nerven, herbeiführt, nicht auch Ciliargefässe mit verletzen würde. Auch deutet die spätere Differenz, die in dem Aussehen der inneren und äusseren Bulbushälfte hervortrat, darauf hin, dass aussen noch ein besonderer Factor mit im Spiele war. Die Veränderungen des Aderhaut- und Netzhautpigments sind auf die äussere Hälfte beschränkt, während die innere

Hälfte des Augenhintergrunds, wie ausdrücklich erwähnt wird, einigermaßen normal aussieht. Und gerade aus der hervorgehobenen vollkommenen Uebereinstimmung des Bildes mit den Berlin'schen Angaben möchte ich schliessen, dass auch hier wie dort eine Mitverletzung von Ciliargefässen stattgefunden hat. Damit ist aber die Erklärung der Netzhauttrübung in dem v. Hippel'schen Fall wieder unsicher und die Trübung keineswegs ohne weiteres allein auf die Durchtrennung der Netzhautgefässe zu beziehen. Dass auch hier keine Faltungen der getrühten Netzhaut beobachtet wurden, liegt sicher daran, dass die Spannung des Auges trotz erheblicher Ciliargefässdurchtrennung nicht merklich abnahm, wie in diesem Fall auch klinisch festgestellt wurde. Die Gefässversorgung des Auges liegt beim Menschen günstiger als beim Kaninchen.

Die bisher bekannt gegebenen Fälle von Durchschneidung oder Zerreiſsung des Sehnerven unmittelbar am Auge stehen also im grossen und ganzen in vollkommener Uebereinstimmung mit den Durchschneidungen beim Kaninchen. Bisher sind wir nicht in der Lage, unzweifelhaft zu entscheiden, ob die Durchtrennung der Arteria und Vena centralis retinae beim Menschen eine Trübung der Netzhaut ähnlich der bei der Embolie bedingt. Sollte es der Fall sein, so wäre das ein Differenzpunkt, freilich ein nebensächlicher, da das weitere Verhalten wieder übereinstimmt. Vor allem sprechen die gemachten Beobachtungen dafür, dass das Auftreten von Pigmentveränderungen und das Einwandern von Pigment in die Netzhaut durch gleichzeitige Mitverletzung von Ciliargefässen bedingt werden.

Leider fehlen noch anatomische Untersuchungen solcher Augen, aus denen weitere Schlüsse zu ziehen wären.

Ich unterlasse es, noch weitere Gebiete der Augenpathologie heranzuziehen, um auf sie die von mir gewonnenen Resultate anzuwenden. Vor allem habe ich es bisher ver-

mieden, auf die Retinitis pigmentosa einzugehen. Da der ursprüngliche Sitz und die Art der Entstehung dieser Erkrankung noch nicht genügend aufgeklärt sind, so könnte nicht viel Thatsächliches angeführt werden. Es wird sich aber empfehlen, bei jedem sich darbietenden Fall anatomisch genau festzustellen, inwieweit die Aderhaut pathologisch verändert ist. Möglich, dass für sie und für manche andere Erkrankung des Auges das Verständniss durch meine die mannigfachsten Gebiete der Augenpathologie berührenden Versuchsergebnisse gefördert wird.

Herrn Prof. Leber spreche ich für die Anregung zu dieser Arbeit und das freundliche Interesse, mit dem er meine Versuche verfolgt hat, meinen aufrichtigen Dank aus.