Ueber Entstehung von Cataract nach Unterbindung der Venae vorticosae.

Experimentelles aus dem Laboratorium
von Prof. Koster zu Leiden.

Von

Dr. J. R. van Geuns
aus Haag.

Hierzu Taf. VIII und IX, Fig. 1–12.

I. Einleitung und Literatur.

Bei seinen Versuchen über die Folgen der Unterbindung der Venae vorticosae beim Kaninchen constatirte W. Koster in manchen Fällen auch das Auftreten von Cataract. In Anschluss an seine Untersuchungen habe ich durch weitere Experimente festzustellen gesucht, wie sich die verschiedenen Cataractformen in Folge der Unterbindung aller vier Vortexvenen entwickeln und durch welche Ursachen die Entstehung der Cataract bedingt ist. Unterbindungen der Venae vorticosae wurden schon vor W. Koster mehrfach ausgeführt und zwar hauptsächlich mit Bezug auf die Lehre vom Glaukom. Meistens aber erstreckte sich die Beobachtung über viel zu kurze Zeit, als dass man die entfernteren Folgen der Unterbindung hätte beobachten können, weshalb ich darauf hier nicht weiter eingehe. Die betreffende Literatur ist in der Arbeit von W. Koster¹⁾ mitgetheilt.

¹⁾ W. Koster Gzn., Beiträge zur Lehre vom Glaukom. Dieses Arch. XLI. 2. S. 30 ff. (1895.)

v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie. XLVII. 2.

Koster unternahm beim Kaninchen die Unterbindung von einigen oder von allen Wirbelvenen, zu dem Zweck des Studiums vom Glaukom und beobachtete seine Versuchsthiere meistens durch längere Zeit hindurch. Nach Unterbindung von zwei oder drei Vortexvenen waren die Veränderungen im Ganzen geringfügig. Es kam zu einer vorübergehenden, localen Hyperaemie von Iris und Ciliarkörper auf der entsprechenden Seite, zu einer ebenfalls vorübergehenden Steigerung des Augendruckes; zuweilen entstand am Rande der Cornea ein wieder rasch verschwindender, diffus getrübtter Saum.

Ganz verschieden war der Befund nach Unterbindung aller *Venae vorticosae*: Dabei stieg der Augendruck sofort nach der Operation bis auf 70 mm Hg, die vordere Kammer war abgeflacht, und der periphere Irisrand lag der Cornea an; Iris, Corpus ciliare, Chorioidea und Retina waren stark hyperaemisch. 40—50 Minuten nach der Unterbindung erschienen auf der Iris rothe Pünktchen und auf der vorderen Linsenfläche schmale Blutstreifen; bald sammelte sich das Blut als Hyphaema an und allmählich wurde die ganze vordere Kammer mit Blut gefüllt. Das Auge war dann schon stark ausgedehnt und zeigte bedeutenden Exophthalmus. Oft schon am ersten Tage trübte sich die Cornea, mit späterer (zwei oder mehr Tage nachher) Gefässbildung und bot im Ganzen das Bild einer Keratitis parenchymatosa dar, genau wie es von Wagenmann nach Durchschneidung der *Arteria ciliaris* beobachtet wurde. Nach verschieden langer Zeit kehrten Cornea, vordere Kammer, Iris und Pupille wieder zur Norm zurück, ausser einigen manchmal zurückbleibenden hinteren Synechieen und mässiger Atrophie der Iris. Veränderungen der Linse waren manchmal vorhanden, aber stellten sich erst nach sehr verschieden langer Zeit ein. Es trat einmal gar kein Cataract auf, manchmal bildete sich eine diffuse, milchige Trübung der ganzen Linse aus, in den anderen Fällen kam es nur zu partiellen Veränderungen. In diesen Fällen waren erst sehr scharf umschriebene Speichen und Punkte in den vorderen Corticalschichten zu sehen, während die Cataractbildung nur sehr langsam fortschritt. Zur selben Zeit oder später traten in der hinteren Corticalis zuerst feine, scharf umschriebene, dunkle Kügelchen von verschiedener Grösse, nachher auch hellere, in Gruppen zusammenliegende auf, die bald eine ringförmige Anordnung erkennen liessen. Bisweilen traten auch am hinteren Pole sehr umschriebene Trübungen auf. Directe Uebergänge von dieser hinteren Corticalcataract in die diffuse, totale wurden nicht beobachtet. Was die tieferen Theile

des Auges anbelangt, so wurde constatirt, dass diese erheblichen Schaden erlitten hatten und in späteren Stadien grösstentheils atrophisch wurden. Dass der ganze Bulbus nicht atrophisch wurde, beruhte auf der Bildung feiner Gefässzweigen an der Stelle der Emissarien der Wirbelvenen, welche die collaterale Circulation vermittelten, wie Koster durch Injection der Blutgefässe nachweisen konnte.

Patholog-anatomisch nahm Koster im Anfangsstadium nur die directen Folgen der Stauung und Blutung wahr. Nach etwa drei Wochen war das Blut wieder grösstentheils resorbt, nur waren die Kerne im Gewebe bedeutend vermehrt; an verschiedenen Stellen wurde bei albinotischen Thieren ein gelbbraunes, structurloses, augenscheinlich hämatogenes Pigment gefunden, in grossen, kernhaltigen Zellen aufgenommen; die Retina war sehr stark atrophisch. Die Kerne der Endothelzellen der Membrana Descemetii und der Choriocapillaris hatten eine ring- oder hufeisenförmige Gestalt angenommen. In den späteren Stadien traten wenig Aenderungen im mikroskopischen Bilde auf, nur dass die Linse cataractös geworden. Bei den partiell getrübbten Linsen fanden sich, entsprechend dem scharf umschriebenen Ring in der hinteren Corticalis, unregelmässige, gebuchtete Linsenfasern und Myelinkugeln durcheinander; auf der hinteren Kapsel und in den angrenzenden Schichten, sowie am hinteren Pol, war Epithel nachzuweisen; die vordere Kapsel war durch Auflagerung einer scharf gegen die alte Kapsel abgegrenzten, an der inneren Seite liegenden Schicht stark verdickt; in der vorderen Corticalis waren kleine Spalten mit einigen Myelinkugeln. In den total cataractösen Linsen waren die Auflagerung auf der Kapsel und die Epithelwucherung ebenfalls zu finden, auffallend war auch ein grosser verticaler Riss in den vorderen und ein horizontaler in den hinteren Schichten, welche sich bis in den Kern fortsetzten.

Andere Mittheilungen über die Folgen der Unterbindung der Wirbelvenen habe ich in der Literatur nicht gefunden.

II. Eigene Versuche.

a) Versuchsmethode.

Als Versuchsthiere wurden nur Kaninchen gebraucht, sowohl albinotische, wie pigmentirte. Die Versuchsmethode war die-

selbe, wie die von Koster, auf dessen Arbeit ich daher verweisen kann.

Die operirten Thiere wurden eine bestimmte Zeit hindurch klinisch beobachtet, dann getödtet, die Augen enucleirt und in zehnprocentiger Formalinlösung gehärtet, um nachher in Celloidin eingebettet zu werden.

b) Normale Linse.

Bevor ich den Verlauf meiner Experimente beschreibe, möchte ich einige Besonderheiten der normalen Kaninchenlinse hervorheben:

Die Form des Linsensternes ist viel einfacher als bei der menschlichen Linse und wird meistens nur durch eine kurze gerade Linie gebildet, die vorne vertical, hinten horizontal verläuft (nicht umgekehrt, wie Becker¹⁾ und Woinow angegeben haben). Nur dann und wann verzweigt sich diese einfache Naht und bildet eine etwas complicirtere Figur.

Mikroskopisch beobachtet man an der Linse, dass das Epithel der Vorderfläche aus sehr flachen, ziemlich grossen Zellen besteht. Diese Zellen, von oben gesehen, zeigen grosse, runde Kerne, welche eine äusserst feine Structur haben, so dass diese nur bei sehr starker Vergrösserung genauer zu erkennen ist. Ausserdem sind aber grosse, helle Flecken und Streifen in den Kernen zu sehen (Vergl. Fig. 1), die sich bei genauer Beobachtung als dünnere Stellen des Kernes herausstellen. Es scheint hier in manchen Fällen der Kern eingeschnürt oder eingedrückt zu sein durch Zellvacuolen; in anderen Fällen dagegen, und zwar wo scharfe Linien zu sehen sind, kann diese Erklärung nicht gelten. Vielleicht hat sich hier die chromatische Substanz der Kerne während der Härtung unregelmässig zurückgezogen, obwohl die karyokinetischen Figuren in meinen Präparaten sehr gut conservirt sind.

¹⁾ Otto Becker, Zur Anatomie der gesunden und kranken Linse. Wiesbaden 1883.

c) Klinischer Verlauf.

Sofort nach der Unterbindung aller Vortexvenen ist der Augendruck bedeutend gesteigert. Die Iris ist bei albinotischen Thieren bläulich gefärbt und die Irisgefäße sind stark überfüllt. Die Pupille ist meistens schon enger als normal und stehend oval. Die Peripherie der Iris ist deutlich nach der Cornea hin vorgebuchtet, was der starken Schwellung und Blutüberfüllung des Corpus ciliare entspricht. Der ganze Fundus ist hyperaemisch: die Retinalvenen sind viel breiter; bei Albino's sind die Chorioidealgefäße weniger scharf begrenzt, der Fundus sieht viel dunkler roth aus und ist mehr diffus gefärbt. Dies rührt wohl von der Ueberfüllung der Choriocapillargefäße her. Auch die Grenzen der Papille und der Markflügel werden bald unscharf. In der ersten Stunde nehmen die Stauungserscheinungen noch zu: der Fundus wird noch mehr verhüllt und die Medien fangen an sich zu trüben.

Nach $\frac{3}{4}$ Stunde sind oft schon kleine Ecchymosen auf der Iris zu erkennen und seltener ist auch die Iris nahe dem Pupillarrand, und zwar meist oben, diffus roth gefärbt, durch etwas grössere Blutungen.

Nach 1—2 Stunden werden feine, ungefähr vertical verlaufende, scharf begrenzte Streifen auf der Vorderfläche der Linse sichtbar, die von unter dem oberen Pupillarrande zu Tage treten, und sich bei genauer Betrachtung als langsam herab rinnendes Blut herausstellen, das augenscheinlich vom Corpus ciliare herrührt.

Bald sammelt sich das Blut als Hyphaema in der vorderen Kammer an und auch die Hinterwand der Cornea wird mit blutigen Präcipitaten bedeckt. Vier Stunden nach der Operation ist gewöhnlich die vordere Kammer so stark mit Blut gefüllt, dass man nicht mehr in das Auge hineinsehen kann. Das Blut bleibt aber überall 1—2 mm vom Cornealrande entfernt: ein Beweis, dass durch die Schwellung

des Ciliarkörpers die Irisperipherie der Cornea gänzlich anliegt. Zu dieser Zeit ist das Auge schon stark ausgedehnt und steht aus der Orbita hervor; der Augendruck ist hoch.

Die Cornea ist auch vergrössert, aber klar, und ihre Empfindlichkeit ist deutlich vorhanden; die Conjunctiva ist ödematös geschwollen.

Am ersten Tage nach der Unterbindung findet man starke ChemosiS und Oedem der Lider und noch immer einen beträchtlichen Grad von Exophthalmus; die Spannung des Bulbus hat meistens noch nicht merklich abgenommen, in einigen Fällen vielleicht schon etwas.

Nach und nach gehen diese Stauungssymptome zurück: In einigen Tagen ist der Exophthalmus und das Oedem der Lider und der Bindehaut ganz verschwunden; der Augendruck sinkt langsam herab und hat nach 5—12 Tagen wieder annähernd seine normale Höhe erreicht, um in den folgenden Tagen in sehr verschiedenem Maasse subnormal zu werden und schliesslich nach kürzerer (12 Tage nach der Operation) oder längerer (4 Wochen) Zeit sich wieder bis zur Norm zu heben. Mit der Herstellung des normalen Druckes geht auch eine Resorption des extravasirten Blutes Hand in Hand. Schon nach einer Woche ist viel Blut resorbirt, der letzte Rest des Hyphaemas bleibt aber noch viele Wochen auf dem Boden der vorderen Kammer liegen.

Bei einem meiner Versuche kehrte der Augendruck nicht mehr zur Norm zurück, sondern das Auge wurde atrophisch und bei der Untersuchung zeigte sich, dass der Innenraum des Bulbus zum grössten Theil durch die stark gequollene Linse eingenommen wurde.

Die Cornea zeigte immer viele Veränderungen: In den ersten Tagen ist sie vergrössert und sieht wie gequollen aus; die Ektasie nimmt oft auch später, wenn der Augendruck schon nicht mehr erhöht ist, noch zu, besonders in den centralen Theilen. Schon am ersten Tag ist

die Hornhaut etwas, in einzelnen Fällen schon ziemlich stark, getrübt. Die Trübung nimmt allmählich an Intensität zu und bietet das Bild einer Keratitis parenchymatosa dar, wie Koster angegeben hat. Nach einigen Tagen werden kleine, sowohl tiefe, als auch oberflächliche, vom Rande her in die Cornea wachsende Gefässe sichtbar und gleichzeitig ein Ring von stärker ausgedehnten circumcornealen Gefässen. Die Gefässbildung war in dem Fall, wo der Bulbus schliesslich atrophisch wurde, schon am ersten Tage nach der Operation sehr deutlich. In diesem und in zwei anderen Fällen bildeten die Gefässe förmliche Epauletten. In vielen anderen Augen dagegen trat die Gefässbildung erst viel später (3—6 Tage nach der Unterbindung) auf und war oft nur sehr geringfügig. Die Gefässhaut blasst nach und nach wieder ab und nach zwei bis drei Wochen sieht die Cornea wieder normal aus, nur bleiben oft kleine Maculae zurück.

Bei vier der operirten Augen bestand während einiger Zeit blutige Durchtränkung der Cornea. Im ersten Fall war die Hornhaut hauptsächlich in ihrem centralen Theile verfärbt, und zwar vom dritten bis siebenten Tag nach der Unterbindung; im zweiten war die Verfärbung am zweiten und dritten Tag in dem unteren Abschnitt der Cornea wahrzunehmen, jedoch nur in geringem Maasse; beim dritten Auge war die ganze Cornea schon am zweiten Tag mit Blutfarbstoff durchtränkt, am meisten in den Randtheilen, und die rothbraune Farbe war erst nach acht Tagen verschwunden; im letzten Fall endlich war nur am fünften Tag die Hornhaut blutig tingirt, und zwar nachdem das betreffende Auge, indem die Unterbindung an dem anderen vorgenommen wurde, nach unten gerichtet gewesen war.

Bemerkenswerth ist, dass in allen diesen vier Augen sich totale Cataract ausbildete, während es in den anderen Augen nur zur partiellen Staarbildung kam.

Die Iris ist in erster Zeit nach der Unterbindung ganz

von blutigem Exsudat überdeckt; wenn dieses aber so weit resorbirt ist, dass die Iris wieder zu Tage tritt, sieht sie schwammig, geschwollen und gelblich verfärbt aus. In den späteren Stadien wird sie dünner und glatter und ist schliesslich mehr oder weniger atrophisch; sie hat dann bei albinotischen Thieren eine graue Farbe und lässt viel Licht durch: die Reaction der Pupille auf Licht war aber fast immer vorhanden. Anfangs kommt es gewöhnlich zu einer Verlöthung des Pupillarrandes mit dem blutigen Exsudat, das sich auf der vorderen Linsenkapsel angesammelt hat, und nach der Resorption desselben bleiben aus dieser Verlöthung oft einige hintere Synechieen übrig. Nach Verlauf von einiger Zeit lösen sich aber diese meistens wieder und hinterlassen nur etwas Pigment auf der Kapsel.

Bevor ich die Veränderungen der Linse beschreibe, berichte ich, was nach Freiwerden der Pupille im Augen- grund zu sehen war, wenn die Trübung der Linse es nicht verhinderte. In einem Fall war 10 Tage nach der Unterbindung, obwohl undeutlich, zu sehen, dass der eine Markflügel nach vorne umgeknickt, die Retina also abgehoben war. In einem anderen Auge war schon nach 7 Tagen die Resorption des Blutes so weit vorgeschritten, dass man Papille und Markflügel diffus erkennen konnte. Nach 11 Tagen war der Fundus genügend scharf zu sehen: die unterste Hälfte der Retina war abgehoben und man sah horizontale, grauweisse Falten, zwischen welchen auf verschiedenen Stellen der dunkelrothe Fundus hervortrat. Diese balken- ähnlichen, horizontalen Gebilde könnten auch durch Exsudatstränge, welche der Netzhaut auflagen, hervorgerufen sein, da bekanntlich die Netzhautgefässe beim Kaninchen nur wenig über die Grenzen der Markflügel hinausreichen. Zu bemerken ist, dass sie nur unterhalb der Papille und der Markflügel sich vorfanden, und dass diese letzten nach vorne umgebogen erschienen und die Gefässe stark geschlängelt, so dass jedenfalls Netzhautabhebung da war.

Warum zwischen den Falten so viele normal rothe Stellen waren, weiss ich nicht zu erklären; um so weniger, weil ein paar Wochen später der Fundus wieder ungefähr normal aussah, die Retina wieder anzuliegen schien, und nur die Retinalvenen etwas geschlängelt waren; Exsudat war absolut nicht zu sehen. In den übrigen Fällen war der Fundus erst viel später zu sehen, hatte eine blässere Farbe angenommen, und die Netzhautvenen waren geschlängelt, aber sonst fanden sich keine Veränderungen vor.

Die Veränderungen der Linse sind im Anfang klinisch nicht zu verfolgen, weil die Pupille durch das blutige Exsudat verschlossen ist. Zwei schmale, helle Bänder, die ein einziges Mal, nach Resorption des Exsudates, auf der Linsenvorderfläche zu sehen waren, sind wohl auf umschriebene Kapselabhebungen zurückzuführen. Bei einem meiner Versuchsthiere war die Linse schon am elften Tage nach der Unterbindung klar zu sehen und zeigte keine Veränderungen. Sie blieb vollständig normal bis 4 Wochen nach der Operation. Dann bemerkte ich in der hinteren Corticalis, etwas oberhalb des oberen Pupillarrandes und ungefähr in der Mittellinie, eine Gruppe kleiner runder Körner, die grosse Aehnlichkeit hatten mit Luftbläschen in einer Flüssigkeit. Etwas weiter nasalwärts war eine zweite, kleinere Gruppe zu sehen. In der äussersten Peripherie fanden sich auch noch braune, bogenförmige, feinkörnige Trübungen auf oder innerhalb der hinteren Kapsel. Länger als 4 Wochen wurde das Thier nicht beobachtet. Einmal war das Exsudat in der Pupille erst nach 3 Wochen so weit resorbirt, dass die Linse zu sehen war; sie war cataractös, hatte eine hellgelbe Farbe und war noch mit Blutresten und Pigmentaflagerungen bedeckt. Ein anderes Mal war nach einem Monat zu sehen, dass sich in den vorderen Schichten der Linse eine zarte, netzförmige, feinkörnige Trübung gebildet hatte, obwohl die noch nicht genügend aufgehellte Cornea die genaue Beobachtung ver-

hinderte. Nach einiger Zeit war diese klarer geworden, und man konnte sehen, dass die Trübungen ihren Sitz ungefähr 1 mm unterhalb der Kapsel hatten und auch in der hinteren Corticalis vorhanden waren; in der Peripherie waren sie am meisten saturirt. Die Trübungen blieben durch längere Zeit hindurch fast unverändert, nahmen höchstens etwas an Intensität zu. Der Fundus war noch genügend scharf zu sehen. In einem Fall zeigte die Linse keine Trübung, obwohl sie bis drei Monate nach der Unterbindung beobachtet wurde und im Anfang starke Stauungserscheinungen aufgetreten waren. Nur in der äussersten Peripherie der Linse waren ein paar abwechselnd helle und dunkle feine Kreise zu sehen.

d) Pathologisch-anatomischer Befund¹⁾.

Eine Stunde nach der Unterbindung der Wirbelvenen fällt vor allem die starke Hyperaemie von Iris, Corpus ciliare und Chorioidea auf. Nur in der Horizontalebene ist eine 2 mm breite Zone der Chorioidea und der Processus ciliares, die blass aussieht. An einer Stelle ist in und unter der Chorioidea ein flach ausgebreitetes Hämatom. Die Linse, in situ beobachtet, ist klar und durchsichtig, nur die Randtheile sind vielleicht etwas trüber. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man die Uvea stark mit Blut überfüllt, die beiden Kammern sind aber frei davon. Die einzige Veränderung der Linse ist, dass in der hinteren Corticalis die Faserenden geschwollen sind und zwar am deutlichsten bei der Linsennaht, auch sind die Fasern unregelmässiger angeordnet, und man trifft hier und da einzelne Vacuolen. Die vorderen Corticalfasern sind nur sehr wenig geschwollen.

¹⁾ Ich beschreibe hier nur die Veränderungen der Linse und ihrer nächsten Umgebung. Später hoffe ich noch über die tieferen Theile des Bulbus zu berichten.

Zwei Stunden nach der Unterbindung sieht die Linse nicht wesentlich anders aus, als nach einer Stunde, nur sind die hinteren und vorderen Corticalfasern etwas mehr geschwollen.

Nach vier Stunden hat sich das Bild insoweit geändert, dass eine Blutung aus dem Ciliarkörper die beiden Kammern und den Canalis Petiti erfüllt und dabei Zellen der Pars ciliaris retinae mit fortgeschwemmt hat.

Nach acht Stunden keine weiteren Veränderungen.

Nach 24 Stunden findet man neben den vielen Chromocyten auch mehr Fibrinausscheidung und mehr Leucocyten, welche sich in grösserer Zahl auf die Linsenkapsel aufgelagert haben. Die Kapsel ist am Aequator vom Epithel abgehoben, durch eine amorphe, feinkörnige Masse, augenscheinlich geronnene, eiweisshaltige Flüssigkeit, in welcher spärliche Morgagni'sche Kugeln.

Das Epithel der Vorderfläche ist deutlich atrophisch; das Zellprotoplasma fast ganz verschwunden, so dass nur mehr die Kerne der Kapsel aufliegen. Wo sich das Transsudat zwischen Kapsel und Epithel angesammelt hat, sind die Zellen des letzteren oft gequollen, und zwischen denselben finden sich kleine Eiweisskugeln.

Die Fasern der Corticalschicht sind vorne noch ungefähr normal, hinten und in der Aequatorialgegend deutlich gequollen und unregelmässig, und zwischen den Fasern dringen oft sehr feine Spalten etwas tiefer ins Innere der Linse hinein, welche von geronnener Flüssigkeit erfüllt sind. Die centralen Kerne der Kernzone sind in grösserer Zahl in Degeneration begriffen und haben sich zu kleinen, runden, sich mit Hämatoxylin dunkel färbenden Gebilden umgestaltet.

In einem Auge, das vier Tage nach der Operation enucleirt wurde, waren die Veränderungen schon sehr weit vorgeschritten. Makroskopisch fiel bei Betrachtung der Linse von hinten sofort auf, dass ein breiter, nach unten

verlaufender Sector eine schwache, matte, rothbraune Farbe angenommen hatte und bei genauerem Zusehen konnte man auch wahrnehmen, dass oben drei schmale, derart aber noch etwas schwächer gefärbte Sektoren sich vorfanden. An den mikroskopischen Schnitten zeigte sich, dass diese blutige Verfärbung nicht der hinteren, sondern der vorderen Corticalis angehörte und durch die nur in ihren äusseren Schichten getrübte Linse hindurch gesehen wurde.

In den Kammern befanden sich viel Leukocyten, und diese hatten sich besonders an einer Stelle, unweit des unteren Linsenrandes auf der vorderen Kapsel angehäuft. In der Nähe des hinteren Poles war eine Kapselabhebung durch geronnenes Transsudat.

Das Linsenepithel war grösstentheils normal, in der Nähe des Aequators aber war es in Wucherung übergegangen und hatte an der Vorderfläche in einiger Entfernung des Linsenrandes einen ringförmigen Wulst gebildet, aus kleinen, ovalen Zellen bestehend, welcher das Linsenstroma eingedrückt hatte¹⁾. Es war kein vollständiger Ring, da oben in der Mittellinie die Zellwucherung fehlte; unten war sie am stärksten entwickelt. Hinter dem Wulst war das Kapselepithel auch unregelmässig und mehrschichtig, und auch hinter dem Beginn der Kernzone fanden sich Kerne unmittelbar unter der Kapsel.

Bemerkenswerth ist, dass die blutige Verfärbung der Corticalis in denjenigen Theilen der Linse am deutlichsten ist, wo die Epithelschicht stärkere Veränderungen erfahren hat; wo das Epithel normal geblieben ist, ist keine Verfärbung zu constatiren.

Das Linsenstroma des Aequators ist zum Theil cataractös degenerirt, hauptsächlich beim unteren Linsenrande: Die Corticalfasern sind unregelmässig, geschwollen, ausein-

¹⁾ Man vergleiche Fig. 8, eine Abbildung einer dergleichen Epithelwucherung in einer anderen Linse.

ander gewichen und vom Epithel abgedrängt; die Spalten sind von einer geronnenen Eiweissmasse ausgefüllt, worin grössere und kleinere Kugeln liegen. Die übrigen Theile des Aequators sind nur wenig verändert und dann zeigt die noch erhaltene Kernzone folgende Eigenthümlichkeit: Die Kerne befinden sich nicht mehr an ihrem normalen Ort, sondern haben sich dem gewucherten Epithel der vorderen Kapsel genähert. Ich kann nicht entscheiden, ob dies die Folge einer Bewegung der Kerne in den Fasern ist, oder durch Auswachsen der Fasern zu Stande kommt, welche sich dann schief unter die Kapsel vorgeschoben haben und so an dem Präparat den Eindruck machen, als ob die Kerne nicht in ihrer Mitte lägen.

In einem Auge, das sieben Tage nach der Unterbindung zur Untersuchung kam, hatte sich schon eine totale weiche Cataract ausgebildet. Es war aber auf der temporalen Corneoskleralgrenze, eine längliche, ca. 2 mm breite, ulcerirende Stelle, wo die Augenhüllen fast perforirt waren, und sich das geschwollene Corpus ciliare und die Iriswurzel hinein-gelegt hatten. Ob hier eine drohende Spontanperforation in Folge massenhafter Leukocytenanhäufung vorlag, oder eine Verletzung durch die Nägel des Thieres die Ursache des Geschwüres war, weiss ich nicht; jedenfalls waren im Bulbusinneren sehr viele Leukocyten und man muss bei Beurtheilung der gefundenen Veränderungen die Folgen der Entzündung, mit oder ohne Infection, berücksichtigen.

Die Linse war stark geschwollen, total cataractös und zum Theil blutig verfärbt. Die Corticalis war ganz durch geronnene Flüssigkeit mit vielen, heller oder dunkler gefärbten Kugeln und Resten von Linsenfasern ersetzt; der Kern hatte noch seine Faserstructur behalten, aber die Fasern waren aufgequollen und weich geworden. Von der Peripherie gingen kleinere und grössere Spalten in den Kern hinein, besonders eine breite, horizontale, von der Mitte der hinteren Corticalis ausgehende Spalte, die bis

zum Centrum des Kernes vordrang¹⁾ und wohl auf Auseinanderweichen der Fasern, der Linsennaht entlang, zurückzuführen war.

Das Linsenepithel war durchweg atrophisch; theilweise waren keine Kerne mehr nachzuweisen, theilweise waren die noch gut gefärbten Zellen an verschiedenen Stellen abgelöst und lagen frei in flüssigen Transsudat. Gruppen von kleinen, runden, dunkelgefärbten Kernen, die zwischen den Morgagni'schen Kugeln zu finden waren, rührten wohl von diesen abgefallenen Epithelien oder von den Kernen der degenerirten Kernzone her.

In einem anderen Fall war nach zehn Tagen die Linse nur wenig verändert, viel weniger als in den beiden vorher beschriebenen Augen. Das extravasirte Blut im Auge war grösstentheils resorbirt worden und das Corpus ciliare wieder zu seiner normalen Grösse zurückgekehrt; die Kammern und der Glaskörper waren frei von Exsudat. Auffallend war aber, dass von dem Ciliarkörper aus sich eine sehr dünne, pigmentirte Membran auf die Vorderfläche der Linse erstreckte, welche nicht ganz bis zum Pupillarrande reichte, und aus spindelförmigen Zellen zusammengesetzt war, die dunkelbraunes Pigment enthielten, ähnlich dem Pigment des Ciliarkörperepithels. Zwischen den spindelförmigen Zellen sind auch grössere, runde, wahrscheinlich abgestossene Pigmentepithelien. Die Spindelzellen rühren entweder vom Bindegewebe des Ciliarkörpers her, das nach Abstossung des Epithels gewuchert ist, oder sie sind Abkömmlinge des Pigmentepithels, das auf diese Weise ein Gewebe gebildet hätte, das dem Kapselstaar zu vergleichen wäre. Die Zellen enthielten immer dunkelbraunes Pigment, viel dunkler als das in manchen Augen gefundene haematogene Pigment. Die genannte Zellwucherung war in allen späteren Stadien meiner Versuche wahrzunehmen.

¹⁾ Wie Koster auch beschrieben hat: siehe Einleitung.

Was die Linse anbelangte, so war zu verzeichnen, dass das Linsenstroma fast unverändert war: vereinzelte Vacuolen und stellenweise Schwellung der hinteren Corticalfasern. Das Linsenepithel war im Pupillargebiet normal, in der Nähe des Aequators dagegen waren die Zellen höher geworden und zeigten viele Vacuolen und noch dichter beim Linsenrande war das Epithel mehrschichtig geworden. Es lagen hier kleine, ovale Kerne unregelmässig durcheinander und zwischen den Kernen viele Vacuolen; auch waren oft karyokinetische Figuren zu sehen.

Die Kerne der Kernzone lagen theilweise abnorm dicht in der Nähe der vorderen Kapsel, wie auch vier Tage nach der Unterbindung beobachtet wurde, und auch noch hinter der Kernzone lagen Zellen unter der Kapsel. Die centralen Kerne der Linsenfaseren waren in Degeneration begriffen. Fig. 3 giebt eine Abbildung des Aequators dieser Linse; man vergleiche Fig. 2, die Kernzone einer normalen Linse.

15 Tage nach der Unterbindung waren viel erheblichere Veränderungen zu finden. Das Blut war zwar theilweise resorbirt, aber es war viel fibrinöses Exsudat in den Kammern, und die Pupille war durch eine starke Auflagerung von Fibrin und Blutkörperchen verschlossen, welche von dem Corpus ciliare aus organisirt wurde, bezw. schon organisirt war. Das neugebildete Gewebe, an dem auch die Iris angewachsen war, hatte sich fest an die Linsenkapsel geheftet und auf diese einen Zug ausgeübt, so dass sie in der Nähe des vorderen Poles sehr dünn ausgezogen war, an anderer Stelle dagegen dick und gefaltet. Dies ist der einzige Fall, wo die Kapsel bei meinen Experimenten Schaden erlitten hat.

Aus dem Blute hatte sich ein gelblich braunes Pigment gebildet (das betreffende Kaninchen war albinotisch), das meistens in grossen Körnchenzellen enthalten, zum Theil auch in Bindegewebszellen aufgenommen war. Das

Epithel war an der Vorderfläche unregelmässig geworden: ovale, in verschiedener Richtung durcheinander liegende Kerne in dickerer oder dünnerer Schicht.

An einzelnen Stellen, beim unteren Linsenrande sogar in grösserer Ausdehnung, ist das Epithel abgestossen. Unter die hintere Kapsel hat es sich weit vorgeschoben und bildet eine die ganze Hinterfläche bedeckende Schicht. Auf Flachschnitten sieht man, dass die Kerne des neugebildeten Epithels kleiner und unregelmässiger angeordnet sind und eine gröbere Structur haben; bei stärkerer Vergrösserung ist wahrzunehmen, dass mehrere kleine Zellvacuolen hellere und dunklere Stellen auf den Kernen hervorrufen: scharfe, helle Linien, wie beim normalen Epithel, findet man jedoch nicht. In vielen Kernen findet man karyokinetische Figuren (s. Fig. 4).

Am oberen Linsenrande hat sich auf einigen Abstand hinter der Anfangsstelle der Kernzone eine Anhäufung von grossen, hell gefärbten, länglichen Zellen, mit grossen Kernen, gebildet, an der Aussenseite vom neugebildeten Epithel, an der Innenseite von den bogenförmig zurückgedrängten Linsenfasern begrenzt (s. Fig. 5). Diese Zellen sind wohl als länglich ausgewachsene Epithelien zu deuten und haben grosse Aehnlichkeit mit den Zellen des Krystallwulstes. Beim unteren Linsenrande ist die äquatoriale Corticalsubstanz vollständig degenerirt und in der degenerirten Masse findet sich eine grosse Lücke mit fast ungefärbtem Inhalt. Es finden sich hier auch einige, zu grösseren Zellen ausgewachsene Epithelien und sehr viele kleine, runde, dunkel gefärbte Kerne (s. Fig. 6), wahrscheinlich auch vom Epithel herstammend.

Geringere cataractöse Veränderungen waren auch an verschiedenen anderen Stellen zu finden und der Kernbogen war auch unregelmässig geworden.

Ein Auge, das drei Wochen nach der Unterbindung enucleirt wurde, war einigermaassen atrophisch ge-

worden; die Linse war stark geschwollen, total cataractös und weich, aber von der intacten Kapsel umgeben; die Pupille war durch organisirtes Exsudat verschlossen.

Das Kapselepithel ist an der Vorderfläche verschwunden, am Aequator ist es noch vorhanden und ist hier in Proliferation begriffen. Es ist unter die hintere Kapsel fortgewuchert, besonders oben, wo es stellenweise in breiten Strängen bis nahe an den hinteren Pol gewachsen ist. Vom unteren Linsenrande aus erstreckt sich die Wucherung nicht weit hinauf, aber es ist hier am Ende der Epithelschicht zur Bildung eines bogenförmigen, aus kleinen, ovalen Zellen bestehenden Wulstes gekommen, wie auch schon vier Tage nach der Operation an der Vorderseite der Linse beobachtet wurde. Vorne endet die Epithelschicht mit einer ähnlichen Anschwellung; Fig. 8 zeigt den, auf dem Durchschnitt ovalen, Wulst an der Hinterseite.

Das Linsenstroma ist cataractös entartet und zeigt, wie die sieben Tage nach der Unterbindung untersuchte Linse, eine breite, horizontale Spalte, in den Kern hineingehend (s. Fig. 7).

Vier Wochen nach der Operation war makroskopisch eine weissliche Trübung der oberflächlichen hinteren Randtheile zu sehen; oben reichte diese Trübung, in Form eines, mit der Spitze nach unten gerichteten, Dreiecks, noch weiter nach dem hinteren Pole. In diesem Dreieck war eine Gruppe grauer Fleckchen, genau auf derselben Stelle und auf dieselbe Weise angeordnet, wie die im Leben mit dem Augenspiegel wahrgenommenen Bläschen. Auf den mikroskopischen Schnitten stellten sich diese Bläschen als Lücken im Corticalgewebe heraus, die mit einer, sich fast gar nicht färbenden, Substanz gefüllt waren. Der ursprüngliche Inhalt war vielleicht eine eiweissarme Flüssigkeit, vielleicht eine andere, in den Härtingsflüssigkeiten lösliche Substanz. Um diese Lücken herum waren lange, dicke Zellen, wie sie 15 Tage nach der Unterbindung gefunden

wurden. Wo die Lücken fehlten, waren die Zellen besser entwickelt und die Zellanhäufung zeigte eine ringförmige Anordnung. (Man vergleiche Fig. 9)¹⁾.

Auch in diesem Fall war unter der hinteren Kapsel eine neugebildete Epithelschicht und aus dem Ciliarkörper war eine dünne Membran auf die Vorderfläche der Linse hinüber gewachsen, wie schon früher bei einem anderen Fall beschrieben; sonst war die Linse nicht nennenswerth verändert.

Sechs Wochen nach Unterbindung der Vortexvenen war die Pupille durch eine ziemlich dicke, unpigmentirte (obwohl das Thier kein Albino) Bindegewebsschicht verschlossen, welche fest an der Kapsel haftete. Unter diesem Bindegewebe war das Kapselepithel verschwunden; am Aequator und an der Hinterfläche war eine Epithelschicht, zum Theil bestehend aus kleinen Zellen mit ovalen Kernen, zum Theil aus grossen, unregelmässigen Zellen mit runden Kernen. Manchmal lagen zwei Schichten von den beiden verschiedenen Arten des Epithels, scharf abgegrenzt, über einander, die spindelförmigen Zellen aussen. Diese stellen augenscheinlich Epithelien dar, die in Umwandlung begriffen sind, um eine echte Kapselcataract zu bilden.

Die ganze Linsensubstanz ist cataractös erweicht, und man kann sehen, dass die centralen Fasern viel dicker sind als normal, aber meistens noch regelmässig angeordnet und unter einander von gleicher Grösse. Sie haben ihre sechseckige Form noch beibehalten, obwohl etwas abgerundet; einzelne Fasern jedoch sind viel stärker aufgequollen und auf verschiedenen Stellen sind sie durch geronnene eiweiss-haltige Flüssigkeit auseinander gedrängt. Hier und da

¹⁾ Wegen der nur schwachen Vergrösserung, ist schlecht zu sehen, dass die Kerne um die Lücke herum in grossen, dicken Zellen, und nicht in Linsenfasern enthalten sind.

sind in der degenerirten Corticalis schon sehr feine Kalkablagerungen.

Die zwei Monate nach der Operation zur Untersuchung gelangte Linse bietet interessante Veränderungen dar. Am oberen Linsenrande liegt an der Innenseite eine dünne, homogene, der Kapsel ganz identische Membran, dieser unmittelbar an, und schmilzt bald mit ihr zusammen. Am unteren Linsenrand umschliesst die stark geschlängelte und dicke Kapsel eine nur wenig gefärbte Masse: ohne Zweifel geronnenes eiweisshaltiges Transsudat, worin ein paar Zellstränge verlaufen. Nach der Linse zu wird diese Masse begrenzt durch eine aus Spindelzellen bestehende Kapselcataract, die nach innen von einer dünneren, unregelmässigen Epithelschicht getrennt wird durch eine sehr feine, gerunzelte, homogene Membran, die sich auf beiden Seiten mit der Kapsel vereinigt, und ohne Zweifel eine vom Epithel gelieferte, neugebildete Kapsel darstellt (s. Fig. 10).

Das Epithel der Vorderfläche ist grösstentheils mehrschichtig und unregelmässig und besteht aus kleineren ovalen Zellen. Auf Flachschnitten (Fig. 11) hat es grosse Aehnlichkeit mit den in Fig. 4 abgebildeten Zellen des auf die Hinterfläche gewucherten Epithels anderer Stadien. Vielleicht waren die Epithelien Anfangs abgestossen und sind später vom Aequator her nachgewachsen.

Direct unter der hinteren Kapsel befindet sich eine $\frac{1}{4}$ bis fast 1 mm dicke Schicht von langen, dicken Zellen, mit grossen gut gefärbten Kernen, wie Fig. 12 zeigt. Oft sind die der Kapsel am nächsten gelegenen Zellen noch mehr dem Epithel ähnlich, gehen aber ohne schärfere Begrenzung allmählich in die langen Zellen über. Diese letzten sind wohl kaum auf andere Weise zu deuten, als wie zu unregelmässigen Linsenfäsern ausgewachsene Epithelien. Da sie der noch gut erhaltenen Kernsubstanz direct anliegen, ohne etwaiges, zwischenliegendes Trans-

sudat, und am Aequator in die dort befindliche verflüssigte Corticalsubstanz auswachsen und diese schon theilweise ersetzt haben; da auch im Leben die Linse noch gut durchsichtig war, kann man hier gewissermaassen von einer Regeneration der Linse sprechen, von einem bis jetzt gelungenen Bestreben zur „*Restitutio ad integrum*“.

Ein Auge, das drei Monate nach Unterbindung aller Vortexvenen enucleirt wurde, war, was die Linse anbelangt, fast ganz normal, obwohl es im Anfang starke Stauungserscheinungen und Blutungen durchgemacht hatte, und auch Keratitis parenchymatosa, ganz wie bei den anderen Versuchen. Es fand sich auch hämatogenes Pigment in der Iris und vom Ciliarkörper ging eine Zellmembran auf die Vorderfläche der Linse über. Das Linsenepithel war nur in der Peripherie etwas verändert: die Zellen waren hier hoch und zeigten viele Vacuolen, und die Kerne lagen nicht mehr in derselben Reihe. An verschiedenen Stellen war auch eine neugebildete Kapsel zu sehen, die der alten an der Innenseite anlag.

Ein Auge, das $1\frac{1}{2}$ Jahr nach Unterbindung der Venae vorticosae enucleirt war, wurde mir von Professor Koster zur Untersuchung übergeben. Es war ein Fall, wo sich im Laufe der ersten paar Monate, totale Cataract ausgebildet hatte, die jetzt zum Theil verkalkt war. Die aus dem Ciliarkörper hervorgehende, mehr beschriebene, Zellwucherung war deutlich ausgebildet und sehr dunkel pigmentirt; ferner hatte sich eine, die Linse fast ganz umschliessende Kapselcataract, und an sehr vielen Stellen eine secundäre Kapsel gebildet, die oft noch dicker war als die alte.

Wenn wir jetzt die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung recapituliren und einer Kritik unterwerfen, so fällt sofort auf, dass die Wirkung des Verschlusses der Vortexvenen keineswegs immer gleich ist. Die intensivsten

Veränderungen finden sich bei den totalen, weichen Cataracten, aber es fragt sich, inwieweit bei vielen Fällen, neben der Circulationsstörung und Stauung durch Verschluss der Vortexvenen, auch entzündliche Processe, mit oder ohne vorhergegangene Infection, eine Rolle spielen. Bei dem ersten cataractösen Auge (7 Tage nach der Operation) deutet die massenhafte Leukocyteninfiltration auf eine starke Entzündung; bei dem zweiten (3 Wochen) war der Bulbus atrophisch geworden, und es fanden sich entzündliche Schwarten, so dass man kaum von einem reinen Ergebniss der Unterbindung reden kann. Bei den anderen totalen Cataracten war eine vorausgegangene stärkere Entzündung nicht so deutlich nachzuweisen, aber in allen Fällen von diffuser Trübung der Linse war reichlicheres organisirtes oder nicht organisirtes Exsudat im Bulbus vorhanden, und die Cornea war während einiger Zeit blutig verfärbt gewesen: beides ein Beweis, dass das Auge mehr geschädigt war, als in den anderen Fällen. Aus diesen Gründen schliesse ich, dass nur die Entstehung von partiellen Veränderungen der Linse, ohne Erweichung des Kernes, als der typische Effect der Unterbindung aufzufassen ist. Inwieweit das Alter der verwendeten Kaninchen einen Einfluss gehabt haben kann, konnte ich nicht entscheiden. Ich habe aber nur ausgewachsene Thiere zu meinen Experimenten benützt und ich glaube kaum, dass die Leute, die mir das Thier verkauften, die Thiere länger als ein Jahr aufbewahren.

Wenn wir also die cataractöse Erweichung des Linsenkernes ausser Betracht ziehen, so treffen wir in verschiedenen Beziehungen grosse Aehnlichkeit zwischen den einzelnen Fällen. In den frühesten Stadien ist eigentlich nur eine Quellung der Corticalfasern, am meisten der hinteren, zu verzeichnen und bald auch eine Transsudatansammlung zwischen Kapsel und Epithel. Mehr Interesse haben aber die späteren Stadien. Hier findet man:

1. In allen Fällen, wo die stärkere Exsudatansammlung das Bild nicht complicirt, eine vom Corpus ciliare ausgehende Zellwucherung, die sich auf allen Sagittalschnitten als ein feiner Strang zeigt, so dass ich, obwohl ich keine Serienschnitte eines ganzen Bulbus untersucht habe, glaube annehmen zu dürfen, dass die Zellwucherung ein dünnes Diaphragma bildete, das vom Corpus ciliare aus auf die Vorderfläche der Linse hinübergewachsen war. Bei pigmentirten Kaninchen enthielten die Zellen immer dunkel, fast schwarz gefärbtes Pigment. Auf die Frage, woher die Zellen stammen, kann ich keine bestimmte Antwort geben. Auf einigen Präparaten habe ich ziemlich deutliche Uebergänge vom Epithel der Ciliarfortsätze in diese Zellen beobachtet, so dass man hier eine dem Kapselstaar ähnliche Veränderung des epithelialen Gewebes vor sich hätte. Absolut unzweideutig waren aber diese Stellen nicht, weil der ganze Ciliarkörper und mit ihm das Epithel beträchtliche Veränderungen erlitten hatte. Wo man jedoch die neugebildete Membran flächenhaft ausgebreitet sieht, haben seine Elemente grosse Aehnlichkeit mit dem Ciliarkörper-epithel.

2. In den erst längere Zeit nach der Unterbindung enucleirten Augen findet man eine Neubildung von Linsenkapsel, sowohl wenn das Epithel hochgradig, als wenn es nur wenig verändert ist. Dass die secundäre Kapsel neu gebildet ist und nicht etwa eine Lamelle der ursprünglichen Kapsel darstellt, geht unter Anderem aus einem der Augen hervor, wo die äussere Kapsel unweit des hinteren Poles eine Dicke hat von $4-5\ \mu$, wie mit grosser Regelmässigkeit auch bei allen anderen Linsen an jener Stelle gefunden wurde; die innere hatte dagegen eine Dicke von ca. $15\ \mu$.

3. In allen Stadien vom vierten Tage an (ausgenommen den stark entzündeten Bulbus vom siebenten Tage) befindet sich eine Wucherung des Epithels, das immer mehr

schichtig wird und unter die hintere Kapsel weiter wächst, wie bei Cataract oft beobachtet wird. Ausserdem aber bildet das Epithel oft scharf umschriebene Zellwucherungen ringförmig unter der Kapsel angeordnet, und zwar an zwei Stellen: entweder in geringer Entfernung vor, oder unweit hinter dem Aequator. Die Zellanhäufung vor dem Aequator besteht immer aus kleinen, ovalen, concentrisch angeordneten Zellen; diejenige hinter dem Aequator war in einem Fall auch aus dergleichen Gewebe zusammengesetzt (Fig. 8), in den anderen Fällen aus grösseren, länglichen, unregelmässigen, dicken Zellen, wie Fig. 5 zeigt¹⁾. Diese letzten sind wohl zu sehr unvollkommenen Fasern ausgewachsene Epithelien; sie könnten vielleicht in Zusammenhang stehen mit dem früheren Linsenwirbel; aber gegen diese Annahme spricht, dass die Kernzone, wo sie noch gut erhalten ist, in einigem Abstand vor dieser Zellgruppe liegt; die Kernzone könnte aber auch verschoben sein. Dieselbe Erklärung gilt aber natürlich nicht für die echten, kleinzelligen Epithelwucherungen. Warum diese gerade an den zwei bestimmten Stellen sich entwickeln, ist nicht so leicht zu deuten. Vielleicht hat die Anheftung der Zonulafasern einen Einfluss; vielleicht aber liegt die Ursache hierin, dass auf diesen beiden Stellen (wenigstens in allen meinen Präparaten) die Linsenkapsel am dünnsten ist, während sie am Aequator wieder viel dicker ist, so dass die endosmotische Aufnahme von Nahrungsstoffen vor und hinter dem Aequator am leichtesten geschehen kann. Ausser den umschriebenen Wucherungen bildete sich in einigen Linsen eine echte Kapselcataract und zwar auch an der Hinterseite.

¹⁾ Wie früher gesagt, waren in einem Fall zwischen diesen Zellen grosse ovale oder runde Lücken, die schon ophthalmoskopisch als Bläschen sichtbar waren. Dieselben Erscheinungen hat Koster in seiner mehr genannten Arbeit beschrieben und er sah hieraus, eine scharf begrenzte, hintere Corticaltrübung sich entwickeln. Man könnte diese Zellwucherung somit als ein Anfangsstadium einer ringförmigen hinteren Corticalcataract auffassen.

Sehr interessant ist die Beobachtung, dass das neugebildete Epithel unter der hinteren Kapsel zu einer dicken Schicht zwar unvollkommener aber doch durchsichtiger Fasern auswächst (Fig. 12).

Auf Grund dieser Beobachtung, wo man gewissermaassen von einer Regeneration der Linse sprechen könnte, und auch, weil in einer drei Monate nach der Unterbindung untersuchten Linse die Veränderungen eher zurückgingen, als dass sie weitere Fortschritte machten; auf Grund dieser Thatfachen glaube ich nicht, dass die nur theilweise veränderten Linsen sich nachträglich, wenn die Circulation im Auge wieder ganz hergestellt ist, noch weiter trüben sollten und der totalen Cataract anheimfallen.

Zum Schluss will ich noch mittheilen, dass sich in vielen Augen periphere Irisanwachsung fand und zwar in einem Auge auf allen untersuchten Präparaten, beiderseits in ziemlich grosser Ausdehnung. Es wurden doch, obwohl das Thier drei Monate beobachtet wurde, keine glaukomatösen Erscheinungen wahrgenommen. Ich will aber keineswegs sicher behaupten, dass wirklich überall die Kammerbucht total verlegt war.

e) Mikrochemische Reactionen.

Bei der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Theile der cataractösen Linsen stellte sich folgendes heraus:

Einige Körnchen des in einzelnen Linsen abgelagerten Kalkes wurden auf das Objectglas gebracht, unter Zufügung von concentrirter Essigsäure, ohne dass eine Einwirkung zu constatiren war. Unter Einwirkung concentrirter Salzsäure, entwickelte sich Kohlensäure, aber nur sehr langsam. Nach Verdunstung der Salzsäure und Lösung des Rückstandes in Aq. destill., wurde einem Theil der Lösung ein Krystall von weinsaurem Kalinatron zugefügt. Es entstanden jetzt die bekannten Krystalle von

Calciumtartrat. Zu der anderen Hälfte der Lösung wurde ein Tropfen Schwefelsäure zugefügt, worauf feine Gipsnadeln entstanden: Die Ablagerung in den Cataracten bestand also theilweise aus kohlensaurem Kalk.

Um auch auf Phosphorsäure zu untersuchen, wurden wieder einige Körnchen in Salzsäure gelöst, diese letzte verdunstet, der Rückstand in destillirtem Wasser gelöst, die Lösung mit Ammoniak alkalisch gemacht, und ein kleiner Krystall von Chlormagnesium und Chlorammonium im Ueberschuss zugefügt. Das Ganze wurde mit einer Platinanadel gemischt und mit dem Nadel lange Striche auf dem Glas gemacht. Schon bald waren mit dem Mikroskop, sehr feine Krystalle zu sehen, in Reihen geordnet, wie mit der Nadel über das Glas gestrichen war. Nach einiger Zeit zeigten sich auch viereckige Krystalle mit einem Diagonalkreuz von Trippelphosphat; somit war auch phosphorsaurer Kalk in den Körnchen nachgewiesen.

In der erweichten, cataractösen Linsensubstanz, frisch untersucht, fanden sich, ausser erweichten Faserbündeln und eiweisshaltiger Flüssigkeit, drei Arten grösserer und kleinerer Kugeln:

1. Kleine, körnige Kugeln, in geringer Zahl, die oft mehrere gelbbraune Körnchen enthielten und durch die verschiedenen Reagentien unverändert blieben. Es waren ohne Zweifel die beschriebenen Körnchenzellen mit haematogenem Pigment, die auf der Linsenkapsel aufgelagert gewesen und mit auf den Objectträger verschleppt waren.

2. Schwach lichtbrechende Kugeln, vollkommen homogen und klar. Oft erreichten sie eine bedeutende Grösse und eine unregelmässigere Form; sie hatten eine weiche Consistenz, da sich ihre Form durch Druck auf das Deckglas änderte. Durch Einwirkung von Alkohol, Salzsäure und Osmiumsäure, coagulirten sie, wie die umgebende Eiweisssubstanz. Es waren also augenscheinlich Morgagni'sche Kugeln.

3. Stark lichtbrechende Kugeln von gelblicher Farbe und ebenfalls weicher Consistenz. Durch Einwirkung von 1 % Osmiumsäurelösung, färbten sie sich bald dunkelbraun. Lässt man Alkoholäther einwirken, so coagulirt das umgebende Eiweiss, aber die Kugel selbst wird langsam gelöst. Man sieht dann oft, dass die eine Hälfte der Kugel, an der Seite, woher das Reagens kommt, ersetzt wird durch klare, ungefärbte Flüssigkeit, während die andere Hälfte, noch ihre ursprüngliche gelbe Farbe beibehalten hat. Hieraus ist ersichtlich, dass diese Kugeln aus Fett bestehen und, obwohl sie eine weiche Consistenz haben, doch nicht flüssig sind; sie sind in den mikroskopischen Präparaten natürlich durch Celloidin ersetzt und finden sich somit dort als total ungefärbte, klare Kugeln.

Cholestearin- oder Fettsäurekrystalle in der cataractösen Masse wurden nicht gefunden.

III.

a) Experimente über das Verhalten der Linsenkapsel. (Filtration und Diosmose)¹⁾.

Um über die unmittelbaren Ursachen der Linsenveränderungen nach Unterbindung der Vortexvenen ein bestimmteres Urtheil zu erhalten, habe ich einige Versuche mit einer Linsenkapsel angestellt: Bei einer normalen Kainchenlinse, wurde die vordere Kapsel am Aequator um-

¹⁾ Diese Versuche habe ich nur mit Bezug auf meine vorhergehenden Untersuchungen angestellt, und habe keine Zeit gehabt die Literatur eingehender hierüber durchzusuchen. Mir ist aber bekannt, dass schon v. Wittich in Virchow's Archiv X, S. 337 (Ueber Harnsecretion und Albuminurie), dergleichen Versuche angestellt und auch schon das Durchtreten von Eiweiss beobachtet hat, jedoch auf dem Wege der Filtration. Er wandte aber bei seinen Experimenten höheren Druck an, als ich.

schnitten und vorsichtig abpräparirt; die Kapsel wurde auf der Mündung eines feinen Glasröhrchens mit einem Lumen von circa 3 mm, ausgebreitet und mittelst eines Fadens auf das Röhrchen fest angebunden. Um die Möglichkeit der Filtration, durch die Kapsel hindurch zu prüfen, wurde das verschlossene Ende des Röhrchens in ein Uhrglas mit physiologischer Kochsalzlösung untergetaucht, um die Membran vor dem Eintrocknen zu schützen und dann das Röhrchen mit derselben Flüssigkeit gefüllt, bis zu einer Höhe von 5 cm. Nach zehn Minuten stand die Oberfläche der Flüssigkeit noch gleich hoch. Der Stand der Flüssigkeit wurde jetzt bis zu 9 cm erhöht und abermals zehn Minuten gewartet: auch dann war keine Veränderung eingetreten. Selbst nach Ablauf der Versuche, als das Röhrchen in einem Glas mit physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt wurde, blieb die Niveaudifferenz, während zehn Tagen auf gleicher Höhe (2 cm).

Aus diesen Experimenten schliesse ich, dass die Linsenkapsel keine Flüssigkeit mittelst Filtration durchlässt.

Für die Versuche über Diosmose wurde das durch die Kapsel verschlossene Röhrchen bis zu einer Höhe von $3\frac{1}{2}$ cm mit 2 % Ferrocyankaliumlösung gefüllt. Erst wurde constatirt, dass der Stand der Flüssigkeit während einiger Zeit gleich blieb, dass also die Membran noch intact war; dann wurde das geschlossene Ende des Röhrchens in ein Uhrglas mit destillirtem Wasser untergetaucht. Nach sieben Minuten stand die Flüssigkeit im Röhrchen etwas mehr als 1 mm höher als vorher; ein Tropfen 10 % Liquor. ferr. sesquichlor. färbte das Wasser im Uhrglas intensiv blau. Auch wenn man das Röhrchen, nachdem die Kapsel sorgfältig in Wasser abgespült und mit Fliesspapier abgetupft war, in die der Kapsel beraubte Linsenmasse tauchte, stieg das Flüssigkeitsniveau im Röhrchen etwas und war Ferrocyankalium in der Linsenmasse nachweisbar.

Die Linsenkapsel lässt also Wasser und umgekehrt Salze auf dem Wege der Diosmose durch.

Nachdem das Röhrchen und die Membran sorgfältig von innen und aussen abgespült, und während einiger Zeit in Kochsalzlösung verblieben waren, wurde das erstere aufs Neue mit NaCl-Lösung gefüllt und in ein Gefäss mit wässriger Lösung von Hühnereiweiss gestellt. Nach einer Stunde wurde der Inhalt des Röhrchens auf ein Uhrglas ausgegossen und ein Tropfen Salicylsulfosäure zugefügt: es entstand ein feines, weisses Präcipitat, und es zeigte sich somit, dass Eiweiss diosmotisch durch die Kapsel getreten war. Das Röhrchen wurde wieder gereinigt und sorgfältig geprüft, dass kein Eiweiss etwa an der Membran hängen geblieben, und dann wurde es mit defibrinirtem Kaninchenblut gefüllt und das verschlossene Ende in ein paar Tropfen destillirten Wassers auf einem Uhrgläschen getaucht. Nach 5—10 Minuten stand die Flüssigkeit im Röhrchen gleich hoch wie vorher, aber in den Wassertropfen wurde durch Zufügung von Salicylsulfosäure Eiweiss nachgewiesen, da ein sehr deutliches weisses Präcipitat entstand. Derselbe Versuch wurde mit einigen wenigen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung anstatt destillirten Wassers vorgenommen und auch dann war deutlich Eiweiss nachzuweisen. Da, wie schon gesagt, die Linsenkapsel nachher noch während mehr als zehn Tagen einem Druck von 2 cm Wasser widerstand, ohne nur die geringste Quantität durchzulassen, kann das Eiweiss nur auf dem Wege der Diosmose durch die Kapsel getreten sein. Die Linsenkapsel lässt also diosmotisch Eiweiss durch. Dieses Resultat war übrigens voraus zu sehen, da doch die Linsenzellen Nahrungsstoffe bedürfen.

Um nun aber an der Kapsel in situ diese Resultate zu prüfen, habe ich bei zwei frisch enucleirten Kaninchenaugen die untere Bulbushälfte und auch die Cornea und Iris vorsichtig weggeschnitten, um so die Linse intact, aber doch

von allen Seiten zugänglich zu haben. Darauf habe ich beide Linsen in geschlossene Glasgefäße mit defibrinirten Kaninchenblut gebracht, und zwar eine unter einem Druck von 80 mm Hg¹⁾, die andere unter dem gewöhnlichen atmosphärischen. Nach 18 Stunden wurden die beiden Linsen herausgenommen und vorsichtig in physiologischer Kochsalzlösung abgespült. Diejenige Linse, die unter dem Einfluss des höheren Druckes gewesen war, hatte eine gelbliche Farbe angenommen, während die andere Linse ganz farblos geblieben war. Auf der Vorderfläche der ersteren war die Corticalsubstanz, der Linsennaht entlang, ein wenig auseinander gewichen und hatte so eine schmale Spalte gebildet, die ca. 1½ mm tief in die Linse eindrang. Senkrecht auf dieser Spalte stand eine andere gleich tiefe aber nur kurze und schmale. Auf der anderen Seite dieser Linse und auf beiden Seiten der anderen Linse war die äusserste Corticalis die Linsennaht entlang auch etwas aber nur sehr wenig auseinander gewichen.

Beide Linsen wurden jetzt aus den Zonulafasern losgemacht und wieder in das Blut zurückgebracht unter dem gleichen Druck wie früher. Nach vier Tagen wurden sie wieder herausgenommen und abgewaschen; das Blut, das unter dem hohen Druck gestanden, war noch frisch, das andere war verdorben. Beide Linsen zeigten ziemlich tiefe, an der Oberfläche breite Spalten, während die Kapsel intact geblieben war. Die Linse, die unter dem Einfluss des erhöhten Druckes gewesen war, zeigte auf einer Seite ein rothbraunes Band in der Mitte und hiervon ausgehend einen rothbraun gefärbten Sector, ganz wie sieben Tage nach Unterbindung der Vortexvenen beobachtet wurde. Man konnte sehen, dass das Band einer breiten, tief in die Linse hineingehenden, mit blutig gefärbter Flüs-

¹⁾ Die höchste beobachtete Drucksteigerung nach Verschluss der Vortexvenen beträgt ungefähr 80 mm Hg.

sigkeit gefüllten Spalte entsprach. Auf der anderen Seite war die Linsensubstanz mehr trichterförmig auseinander gewichen und auch der Inhalt dieser Spalte war blutig gefärbt. Die andere Linse zeigte auch derartige Spalten, deren Inhalt aber gänzlich ungefärbt war; nur an anderer Stelle waren ein paar oberflächliche, gelbe Flecken zu sehen.

Nun wurde die Kapsel beider Linsen oberhalb der Spalten angestochen und die Flüssigkeit mit Kraft entleert, während die Wände der Spalten sich einander wieder näherten; man sah jetzt, dass ausser den Spalten auch Flüssigkeit zwischen Kapsel und Linsensubstanz sich angesammelt hatte.

Die Kapsel hatte also ihre Elasticität behalten und die Flüssigkeit hatte, um innerhalb des Kapselsackes zu gelangen, den Widerstand eines höheren Druckes, d. h. der Elasticität der Kapsel zu überwinden gehabt, konnte in Folge dessen nur durch Diosmose hinein gelangt sein.

b) Folgerungen zur Erklärung der Linsenveränderungen.

Die Linsen der Versuchsthiere, bei denen ich die Vortexvenen unterbunden hatte, befanden sich in Bezug auf die diosmotischen Verhältnisse in sehr ähnlichen¹⁾ Umständen, wie die Linsen in den eben beschriebenen Versuchen; nur dass sie beim lebenden Thiere an der Hinterfläche nicht von Blut umspült waren.

Es geht somit meines Erachtens aus den Versuchen über Diosmose der Linsenkapsel hervor, dass, sobald nach Unterbindung der Vortexvenen, die vordere und hintere Kammer von Blut erfüllt sind, die Kapsel diosmotisch Flüssigkeit ins Innere der Linse hinein befördern muss, wenn nicht die Epithelzellen dem Eindringen der Flüssig-

¹⁾ Das extravasirte Blut in den Augenkammern kann man doch auch nicht als lebendiges Blut qualificiren.

keit Einhalt thun. Da die eingedrungene Flüssigkeit die Corticalis und später auch den Kern zur Spaltung und Quellung, und die erstere sogar zur Verflüssigung bringt, so wird es wirklich von dem Verhalten des Linsenepithels abhängen, ob dies geschieht oder nicht.

In den Fällen, wo das Epithel weniger geschädigt wurde, weil, wie klinisch constatirt wurde, die Drucksteigerung nicht so intensiv war, die Stauungserscheinungen nicht so hohen Grad erreichten, und sich schnell ein collateral Kreislauf ausbildete, findet man keine Andeutung davon, dass eine nennenswerthe Flüssigkeitsaufnahme in die Linse stattgefunden hatte, obwohl auch hier die Kammern mehrere Tage mit Blut gefüllt gewesen waren. In anderen Fällen hat das mehr geschädigte Epithel im Anfang Flüssigkeit durchtreten lassen; aber bald hat sich das Epithel wieder hergestellt und die cataractösen Veränderungen sind nicht weiter fortgeschritten. Wo aber der Augendruck lange sehr hoch blieb und die Circulation sich erst spät wieder herstellte, haben die Epithelzellen sehr erheblichen Schaden erlitten und sind in der Pupillarebene ganz verschwunden. Dann ist auch immer die ganze Linsensubstanz cataractös erweicht.

Auf diese Weise lässt es sich sehr gut erklären, warum einmal totale Cataract entsteht, das andere Mal nicht. Schwieriger ist es zu verstehen, warum in allen späteren Stadien meiner Experimente Epithelwucherung gefunden wurde. Für die Linsen, in welchen die Corticalis erweicht wurde und Flüssigkeit innerhalb der Kapsel sich angesammelt hatte, kann man zur Erklärung anführen, dass die Epithelzellen mehr Raum haben, sich zu vermehren und von dem flüssigen Transsudat viel weniger Widerstand erfahren, als von den festen Corticalfasern der normalen Linse. In den Fällen aber, wo das Epithel bei intacter Corticalsubstanz wuchert, muss man eine andere Erklärung suchen. Vielleicht, dass der wiederhergestellte Kreislauf

die Zellen zu vermehrter Thätigkeit anregt, weil sie erst während einiger Zeit sich den gestörten Circulationsverhältnissen angepasst hatten. Vielleicht, dass abnorme Stoffwechselproducte anregend auf die Karyokinese wirken. Vielleicht, dass die subnormale Spannung des Auges während einiger Zeit einen wesentlichen Einfluss auf die noch gut productionsfähigen Epithelien hat. Dass der geringere Druck, der auf den Zellen lastet, sie besser in Stand setzt, sich zu vermehren, ist eine mehr beobachtete Thatsache: ein intraocularer Tumor wächst doch auch viel rascher, nachdem er die Bulbushüllen perforirt und sich so von dem auf seinen Zellen lastenden Augendrucke befreit hat. Warum sollte der geringere Druck dann auch hier nicht die Anregung zur vermehrten Zellproduction sein können? Dass der subnormale Augendruck ein Zeichen der mangelhaften Circulation ist, braucht hiermit nicht in Widerspruch zu sein, da doch auch in atrophischen Augen Zellvermehrung stattfindet.

Jedenfalls habe ich constatiren können, dass, sobald die Drucksteigerung in Folge der Unterbindung nachgelassen hatte, auch das Epithel anfang sich zu vermehren, während in dem nach sieben Tagen enucleirten Auge, wo die Spannung bis zum Ende bedeutend erhöht war, nicht die geringste Spur einer Zellvermehrung zu finden war.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VIII und IX,
Fig. 1—12.

- Fig. 1. Flachschnitt des vorderen Kapselepthels einer normalen Kaninchenlinse, unweit des vorderen Pols. Vergrößerung ca. 400fach.
- Fig. 2. Kernzone der normalen Kaninchenlinse: Meridionalschnitt. Vergrößerung ca. 90fach.
- Fig. 3. Verticaler Meridionalschnitt des unteren Linsenrandes, zehn Tage nach der Unterbindung der vier Venae vorticosae. Vergrößerung ca. 90fach.
- Fig. 4. Flachschnitt des hinteren Kapselepthels, 15 Tage nach der Unterbindung der Vortexvenen. Vergrößerung ca. 400fach.

- Fig. 5. Meridionalschnitt durch eine am oberen Linsenrande, hinter dem Aequator liegende Zellwucherung, 15 Tage nach der Unterbindung der Vortexvenen. Vergrößerung ca. 180fach.
- Fig. 6. Meridionalschnitt durch die entsprechende Stelle des unteren Linsenrandes desselben Auges. Vergrößerung ca. 70fach.
- Fig. 7. Verticaler Meridionalschnitt einer total cataractösen Linse, drei Wochen nach der Unterbindung der Vortexvenen: untere Hälfte. Vergrößerung ca. 16fach.
- Fig. 8. Dasselbe Präparat, wie in der vorhergehenden Abbildung, bei einer 90fachen Vergrößerung: Umschriebene Epithelwucherung hinter dem Aequator.
- Fig. 9. Meridionalschnitt einer hinter dem Aequator befindlichen Stelle des oberen Linsenrandes, vier Wochen nach der Unterbindung der Venae vorticosae. Vergrößerung ca. 70fach.
- Fig. 10. Meridionalschnitt des unteren Linsenrandes, acht Wochen nach der Unterbindung der Vortexvenen. Vergrößerung ca. 70fach.
- Fig. 11. Flachschnitt des vorderen Kapselepipithels, acht Wochen nach der Unterbindung der Vortexvenen. Vergrößerung ca. 400fach.
- Fig. 12. Sagittalschnitt durch eine auf der hinteren Kapsel befindliche Zellschicht, acht Wochen nach der Unterbindung der Vortexvenen. Vergrößerung ca. 240fach.
-