(Aus dem Laboratorium des Herrn Prof. Dr. A. Gruenhagen in Königsberg.)

Ueber den Zusammenhang der vorderen Augenkammer mit den vorderen Ciliarvenen.

Von

F. Heisrath,

pract. Arzt.

Zur Ermittlung der Abflusswege, auf welchen sich der *humor aqueus* bei Steigerung des in der vorderen Augenkammer herrschenden Druckes entleert, hat Schwalbe¹⁾ zahlreiche Injectionen in dieselbe an ausgeschnittenen Säugethier- und Menschenaugen, hauptsächlich mit löslichem Berliner Blau ausgeführt. Da sich die vorderen Ciliarvenen hierbei fast regelmässig mit diesem Farbstoffe anfüllten, hielt er sich zu dem Schlusse berechtigt, dass zwischen jenen Gefässen und der vorderen Augenkammer eine offene Communication bestände. Gegen die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind indessen von verschiedenen Seiten her erhebliche Einwände gemacht worden. Leber²⁾ erhielt nur bei Anwendung von diffusionsfähigem Carmin eine Injection der Episcleralgefässe, dagegen keine, oder nur in vereinzelt Fällen eine unbedeutende, welche er auf Gefässzerreissungen beziehen zu müssen glaubte, bei Benutzung von dem nicht diffundirenden Berliner Blau. Bei Injectionenversuchen mit einer Mischung beider Farbstoffe fand er nur einen Uebergang von Carmin. An der Hand seiner Versuche kam er dementsprechend zu der Ansicht, dass der Abfluss des Kammerwassers in die Venen nicht auf offenen Communicationswegen, sondern durch Diffusion resp. Filtration erfolge. Auf eine Erklärung der gegentheiligen Resultate Schwalbe's ging Leber nicht weiter ein, als dass er die Möglichkeit von Gefässzerreissungen annahm und die auffallende Inconstanz der Befunde besonders betonte. Schwalbe selbst ist letzterer Umstand nicht entgangen, und hauptsächlich ist ihm die Thatsache merkwürdig und unerklärlich erschienen, dass an Augen, die noch in der Orbita eines eben getödteten Thieres sich befanden, eine Venenfüllung nur bei weit höherem Druck, als bei ganz frischen exstirpirten Augen, und

1) Schwalbe, Dieses Arch. Bd. VI. p. 261 ff.

2) Leber, Arch. f. Ophthalm. 1873. Bd. XIX. 2. Abth. p. 91 ff.

bei diesen schwerer, als bei älteren ausgeschnittenen zu erzielen wäre. Andere, z. B. Knies¹⁾, haben die Versuche beider Experimentatoren als unzureichend oder als unverwerthbar bezeichnet, vor Allem deshalb schon, weil sie mit Ausnahme zweier, von Leber unter höherem Druck am lebenden Thier ausgeführten Injectionen, sämmtlich an ausgeschnittenen Augen bei abnorm starker Drucksteigerung angestellt waren.

Es ergibt sich hieraus, wie erheblich noch immer die Ansichten über die vorliegende Frage schwanken, und wie nothwendig es ist, dieselbe aufs Neue in Angriff zu nehmen und durch eine womöglich sichere Experimentationsweise einer definitiven Lösung näher zu bringen.

Von ganz besonderer Bedeutung für den Erfolg unseres Unternehmens schien uns die Einrichtung des Injectionsapparates zu sein. Der von uns benutzte war einem andern, zu ganz fremdem Zwecke bestimmten Instrumente, dem Lippmann'schen Kapillarelectrometer²⁾, entlehnt. Zwei in einem Charniergelenke bewegliche Metallplatten umfassen hier einen 20 cm im Längs-, 4 cm im Querdurchmesser haltenden starken Gummischlauch, welcher von zwei in der Mitte durchbohrten Messingplatten an beiden Enden luftdicht verschlossen ist. In den Bohröffnungen der Verschlussplatten sind zwei, wenige cm lange, offene Messingröhren eingelöthet. Eine derselben ist mit einem Hahn versehen, die andere trägt ein kurzes, senkrechtes Ansatzrohr und steht durch Gummischläuche erstens in Verbindung mit einem Quecksilbermanometer, zweitens mit einer dreihalsigen Wulff'schen Flasche, welche letztere die Injectionsflüssigkeit enthält und ihrerseits durch einen Gummischlauch mit der Injectionskanüle communicirt. Durch Zusammenschrauben der beweglichen Metallplatten wird der erwähnte grosse Gummicylinder leicht comprimirt, und die in ihm befindliche Luft, falls das Ausströmen durch den Schluss des Hahnes nach der einen Seite verhindert ist, sowohl nach dem Manometer, als nach der Injectionsflasche getrieben. Bei dieser Einrichtung verursacht es selbstredend keine Schwierigkeit, den Druck in der Injectionsflasche messbar zu steigern. Beiläufig möge bemerkt werden, dass die Möglichkeit in dem von uns verwandten Apparate vorlag, den Druck zwischen Null und 200 mm zu variiren und stundenlang constant zu erhalten. — Ein zweites Moment, dessen

1) Knies, Virchow's Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. LXV. p. 401 ff.

2) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. 147.

Wichtigkeit für das Gelingen der Injection im Laufe der Untersuchungen immer merklicher zu Tage trat, ist durch die Beschaffenheit der Injectionskantile gegeben. Auf die Anwendung metallener Kantilen wurde bald Verzicht geleistet, weil sich dieselben auch bei sorgfältigster Reinigung während des Versuches durch Niederschläge von Berliner Blau allzuleicht verstopften. Auch enge gläserne Kantilen erwiesen sich aus demselben Grunde als unbrauchbar. Nur ziemlich weite, conisch zugeschliffene Kantilen von Glas, welche nach jedem Versuche gut gereinigt wurden, entsprachen ihrem Zwecke. Zur grösseren Vorsicht wurden indessen auch diese nach kurzem Gebrauche durch neue ersetzt. Die That- sache, dass mit Einführung der letzteren Art von Kantilen unter Beobachtung noch anderer, später zu erwähnender Kautelen, die frühere Unsicherheit der Resultate aufhörte, rechtfertigte die Pein- lichkeit nach dieser Richtung hin.

Experimentirt wurde an ausgeschnittenen frischen, oft noch in der Orbita befindlichen, zum Vergleich aber auch an älteren Augen von Fröschen, Schweinen, Schafen, Rindern, Kaninchen, Katzen und Tauben, ferner an Augen lebender Thiere, und zwar von Fröschen, Tauben, Kaninchen und Katzen. — Von Farbstoffen wurden zu Injectionen in die vordere Kammer indigoschwefelsaures Natron, Eosin, Carmin, Berliner Blau und eine Mischung der beiden letzteren benutzt.

Zunächst sollen die an ausgeschnittenen Augen gewonnenen Resultate mitgetheilt werden. Nach den ersten Versuchen unter verschieden hohem Druck wurde in der Folge nur mit einem gleich- mässig niedrigen Quecksilberdruck von 10—12 mm gearbeitet, um gleich von vorne herein dem Einwande zu begegnen, dass eine etwa aufgetretene Venenfüllung durch eine von zu hohem Druck bedingte Gefässzerreissung veranlasst sein könnte. Es ergab sich nun zwar, dass die diffundirenden Farbstoffe, wie Carmin, viel schneller in die Episcleralgefässe übergingen, als Berliner Blau; doch geschah dies wohl hauptsächlich aus dem Grunde, weil jenen eine geringere moleculare Zähigkeit resp. leichtere Mischbarkeit mit dem *humor aqueus*, als dem nicht diffundirenden Berliner Blau zukommt.

Ferner stellte sich in Uebereinstimmung mit Schwalbe heraus, dass die Füllung bei frischen, noch in der Orbita befind- lichen Augen schwerer, als an frischen exstirpirten erfolgte und immer leichter von Statton ging, je später nach dem Tode der Thiere die Augen zur Injection verwandt wurden. — Die ersten

Spuren diffundirender Farbstoffe traten an frischen exstirpirten Augen unter einem Injectionsdrucke von 10 mm Hg. etwa 10 Minuten nach Beginn des Versuches in den Gefässen makroskopisch erkennbar auf. Es folgte bald darauf eine stärkere Füllung mit gleichzeitiger Imbibition des anliegenden Gewebes. Bei Injectionen von Berliner Blau hatte man auf das Eintreten der Gefässfüllung unter Anwendung eines gleichen Druckes, wie dort, etwa 30 Minuten zu warten. Ganz frische Augen in der Orbita wurden etwas später, ältere exstirpirte früher als jene erfolgreich injicirt. — Die Verschiedenheit in der Zeitdauer, welche bis zum Auftritt der Venenfüllung verfloss, war in den erwähnten Fällen nicht etwa eine willkürliche, sondern folgte genau dem Gesetze, dass die grössere oder geringere Leichtigkeit der Injection dem Grade des vorgefundenen Augendrucks entspricht. Nun ist aber dieser bei den in der Orbita befindlichen Augen eben getödteter Thiere höher — etwa 6 mm Hg. —, als bei frischen exstirpirten Augen, wo er ungefähr 4 mm beträgt, und nimmt immer mehr ab, je längere Zeit nach dem Tode der Thiere man eine Druckbestimmung vornimmt. Annähernd richtig wurde der Augendruck nach der Höhe des kleinsten Quecksilberdrucks gemessen, der gerade erforderlich war, um die Farbstofflösung aus der Spitze der Kanüle in den *humor aqueus*, dessen Abfluss man beim Einstich sorgfältig vermieden hatte, übertreten zu lassen.

Ausser den Druckverhältnissen des Auges sind noch verschiedene Umstände zu berücksichtigen, falls eine Constanz der Resultate herauskommen soll. Auch wir waren Anfangs, wie Schwalbe immer, einer ganz frappanten Unregelmässigkeit in der Venenfüllung begegnet. Erst die Einführung weiter gläserner Kanülen brachte uns eine gewisse Gesetzmässigkeit.

Bei Anwendung eines constanten Injectionsdruckes wurden wir dann noch auf andere modificirende Momente hingewiesen. Es war von Belang, ob man beim Einstich der Kanüle *humor aqueus* abfliessen liess oder nicht, speciell für den Gebrauch von Berliner Blau, dessen schwerere Mischbarkeit mit dem Kammerwasser wir bereits hervorgehoben haben. Je weniger Flüssigkeit in der vorderen Kammer vorhanden war, desto leichter konnte der Farbstoff bis zum Iriswinkel vordringen und um so früher in den Gefässen auftreten.

Auch eine gleich schnelle Steigerung des Injectionsdruckes war wesentlich für das Zustandekommen gleichmässiger Resultate.

Ferner wurde nicht ohne Grund darauf gesehen, dass in allen

Fällen Farbstoffe von gleichem Concentrationsgrade (absolute Sättigung) zur Verwendung kamen.

Unter Berücksichtigung der angeführten Umstände und möglichster Schonung des Auges stellte sich nun die merkwürdige Constanz der Resultate heraus, dass bei einem, den vorgefundenen Augendruck um wenige mm übersteigenden Injectionsdrucke in ziemlich gleicher Zeit, sogar bei Augen aus verschiedenen Thierklassen, wie Frosch-, Vogel- und Säugethieraugen, eine Füllung der vorderen Ciliarvenen mit dem nicht diffundirenden Berliner Blau auftrat.

Zum Ueberflusse sind auch noch Injectionen mit einer Mischung von Carmin und Berliner Blau — experimentum crucis Leber — unter niederem Drucke ausgeführt worden. Wir hatten hier den von den Leber'schen Resultaten abweichenden, von uns allerdings erwarteten Befund, dass eine schnellere Carminfärbung von einer mit blossen Auge, oder nur mikroskopisch nachweisbaren Füllung der Gefässe mit Berliner Blau gefolgt wurde. — Schliesslich haben wir noch in einigen Versuchen das Kammerwasser mit der Pravaz'schen Spritze abgelassen, an dessen Stelle eine entsprechende Quantität von Berliner Blau in die vordere Kammer eingebracht und nun eine Drucksteigerung vom hinteren Bulbusraum vorgenommen, worauf gleichfalls eine Venenfüllung bemerkbar wurde. Darnach schien uns nun der Einwand beseitigt zu sein, dass bei einer selbst geringen, von der vorderen Kammer angewandten Drucksteigerung, durch Zurückdrängen der Iris Gefässzerreissungen auftreten könnten. — Injectionen wurden an ausgeschnittenen Augen mit diffundirenden Farbstoffen in 15, mit Berliner Blau in 70 und mit einer Mischung von Carmin und Berliner Blau in 5 Fällen erfolgreich ausgeführt. Missglückte Versuche kamen bei Beobachtung der oben angegebenen Kautelen nicht vor.

Es folgen nun die Ergebnisse, welche wir an den Augen lebender Thiere gesammelt haben. Die Versuchsthiere wurden nur in wenigen Fällen narcotisirt, Katzen und Kaninchen mit Chloral, Frösche mit Curari. Man hatte hier gegenüber den Untersuchungen an ausgeschnittenen Augen wesentlich mit zwei neuen Faktoren zu rechnen. Es waren dies der höhere Blutdruck und die Cirkulation. — Die Experimente wurden meistens bei einem Injectionsdrucke von 30 mm — wenige mm über dem normalen Augendrucke — angestellt.

Es war zu erwarten, dass die Fortschwemmung der Farb-

stoffe durch den Blutstrom ein Hinderniss für die leichte Anhäufung derselben in den Gefässen abgeben könnte, und diese Annahme bestätigte sich denn auch. Bei Augen, die etwa 1 — 1½ Stunden unter einem Drucke von 30 mm mit Berliner Blau injicirt waren, konnte man selten eine stärkere Füllung der Venen mit blossen Auge erkennen, dagegen erschloss die mikroskopische Untersuchung sehr schöne Injectionsbilder. An Kaninchen- und Katzenaugen hatte man nach kürzerer Versuchszeit als einer Stunde unter dem Mikroskop mehr den Anblick einer zerstreuten, bruchstückweisen Färbung, während man nach längerer Dauer des Versuches auch eine ununterbrochene Füllung auf weite Gefässstrecken erhielt, so dass man an eine, allmählich durch Niederschläge von Berliner Blau bewirkte Verlegung des Gefässlumens denken konnte. Eine weit stärkere, mehr oder minder vollständige Venenfüllung zeigten nach 1—1½ stündiger Experimentirzeit unter einem Druck von 30 mm Hg. die Augen lebender Frösche. Als Ursache hiefür darf wohl die durch verminderte Herzaction während des Winters verlangsamte Cirkulation angesehen werden. Augen stark curarisirter Frösche, deren Blutdruck gesunken war, liessen sich noch leichter injiciren.

Bei einigen wenigen Versuchen mit einer Mischung von Carmin und Berliner Blau an Augen lebender Thiere stellte sich heraus, dass Carmin leichter in die Venen überging, aber auch schneller fortgeschwemmt wurde, als Berliner Blau. Jedenfalls war letzteres, auf dessen Nachweis es hauptsächlich ankam, sicher in den Gefässen vorhanden.

Das Eintreten solch konstanter Resultate war allerdings wesentlich von der Beobachtung gewisser Voraussetzungen abhängig. Es wurde am besten während des Einstichs der Kantile etwas Kammerwasser abgelassen, weil sonst bei Anwendung eines niedrigen Injectionsdrucks das Berliner Blau gar nicht, oder nur theilweise bis zur Corneoscleralgrenze vordringen konnte.

Sodann war es nöthig, unmittelbar nach dem Einführen der Kantile eine Drucksteigerung bis auf den früheren Augendruck und noch einige mm darüber zu bewerkstelligen. Von wesentlichem Einflusse auf das Gelingen gleichmässiger Resultate, mehr noch als bei ausgeschnittenen Augen, war der Gebrauch weiter gläserner Kantilen. — Es wurden so in 12 Fällen an Thieren, die mit Chloral oder Curari bewegungslos gemacht waren, in 30 an nicht narcotisirten Thieren mit Berliner Blau und in einigen we-

nigen Fällen mit einer Mischung von Berliner Blau und Carmin einschlägige Resultate erzielt.

Alle von uns gemachten Beobachtungen, speciell der leichte Uebertritt von Berliner Blau in die Venen lebender Thiere, drängen also zu dem Schlusse hin, dass eine offene Communication zwischen vorderer Augenkammer und vorderen Ciliarvenen vorhanden ist.

Schliesslich darf ich nicht verabsäumen, Herrn Professor Dr. A. Gruenhagen für die freundliche Unterstützung bei vorliegender Arbeit meinen innigsten Dank auszusprechen.

Königsberg i. Pr., März 1878.

Nachtrag.

Bei der Fortsetzung der oben in Kürze mitgetheilten Versuche, die wir auch an frischen Menschengen durchaus bestätigt fanden, wurden statt des löslichen Berliner Blaus Suspensionsflüssigkeiten in Gebrauch gezogen, und zwar einerseits in Wasser aufgeschwemmter Zinnober, andererseits Blut verschiedener Thiere. Hierbei fand sich, wie wir kurz dem oben Gesagten hinzufügen wollen, dass auch Flüssigkeiten dieser Art ohne erhebliche Schwierigkeiten aus der vorderen Augenkammer in die Skleralvenen übertreten.

Beispielsweise konnte man Menschenblut, welches unter einem Drucke von 20 mm Hg. in die vordere Kammer eines menschlichen Auges eingebracht war, schon nach einer Versuchsdauer von 15 Minuten aus den abgeschnittenen Conjunctivalgefässen ausfliessen sehen. Ueber die Natur des Schlemm'schen Kanals, insofern derselbe zu der vorliegenden Frage in Beziehung steht, sollen später Mittheilungen erfolgen.

Mai 1878.

Ueber die Blutgefässe des Auges der Cephalopoden.

Von

Dr. Jos. Schöbl
in Prag.

Hierzu Tafel XII und XIII.

Obzwar ich in der vorliegenden Arbeit ausschliesslich nur über die Blutgefässe des eigentlichen Auges der Cephalopoden