

Ueber die Resorption körnigen Farbstoffs aus der vorderen Augenkammer.

Von

Dr. A. Brugsch,

Assistent an der Universitäts-Augenklinik zu Göttingen.

(Hierzu Tafel VII.)

Die Frage über die Abflusswege des Humor aqueus ist trotz der zahlreichen und eingehenden Untersuchungen, die über diesen wichtigen Gegenstand angestellt sind, noch immer nicht vollständig erledigt. Dass im normalen Zustande des Auges und bei unverletzter Membrana Descemetii der Humor aqueus nicht durch die Hornhaut nach aussen tritt, hat Leber bis zur Evidenz erwiesen. *) Von Leber und Riesenfeld ist ferner ein directer Zusammenhang der vorderen Kammer mit abführenden Blutgefässen, wie er von Schwalbe behauptet worden ist, in überzeugender Weise widerlegt worden. Ein Zusammenhang mit abführenden Lymphwegen konnte weder von Schwalbe noch von Leber nachgewiesen werden, doch hielt sich letzterer nach seinen Ver-

*) Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Archiv für Ophthalmologie. XIX, 2.

suchen noch nicht für berechtigt, abführende Lymphwege mit Bestimmtheit in Abrede zu stellen. Das Vorkommen derselben musste aber für sehr unwahrscheinlich gehalten werden, da es nicht gelang, nach Injection der Blutgefäße des Auges mit erstarrenden Massen durch Injection gefärbter Lösungen in die vordere Kammer abführende Lymphwege zu injiciren. Da aus anderen Gründen zu vermuthen ist, dass ein beständiger Wechsel des Inhaltes der vorderen Kammer stattfindet, so bleibt nur die Annahme übrig, dass ein fortwährender Abfluss durch Filtration, resp. Diffusion, in die Blutgefäße des Hornhautrandes und in die der Iris im Gange sei.

Auf Vorschlag von Prof. Leber unternahm ich es, um der Frage nach der Existenz abführender Lymphwege nochmals nahe zu treten, die Resorption in die vordere Kammer eingespritzter körniger Farbstoffe zu untersuchen, um womöglich auf diesem Wege die so eben berührte Frage zur Entscheidung zu bringen.

Findet ein offener Zusammenhang der vorderen Kammer mit Lymphgefäßen oder Lymphräumen statt, so steht zu erwarten, dass die Farbstoffkörnchen in letztere eindringen und in denselben sich niederschlagen und anhäufen. Wenn, wie es wahrscheinlich war, ein Theil des eingeführten Farbstoffs von Lymphkörperchen aufgenommen wurde, so konnte man auch hoffen, diese pigmentirten Zellen bei ihrer bekannten Neigung sich in präformirten Bahnen fortzubewegen, ebenfalls in den Lymphwegen anzutreffen. Da es sich hier um die Ermittlung präformirter Wege handelt, so konnte von der Anwendung diffusionsfähiger Farbstofflösungen kein Gebrauch gemacht werden, weil sich diese durch Diffusion gleichmässig in den Geweben verbreiten können; gegen die Benutzung colloider Farbstoffe konnte der Einwand erhoben werden, namentlich, wenn bei hohem Druck experimentirt wurde, dass durch letzteren

künstliche Bahnen geschaffen würden. Durch Injection körniger Farbstoffe beim lebenden Thiere werden diese Uebelstände vermieden; nur durch diese Methode wurde es Quincke*) ermöglicht, die unbestreitbaren Resultate seiner Untersuchungen über die Physiologie der Cerebralflüssigkeit zu erhalten.

Injectionen von körnigen Farbstoffen in die vordere Kammer sind bereits von verschiedenen Beobachtern, wenn auch nicht zum Studium der Resorption, gemacht worden. F. A. Hoffmann und v. Recklinghausen**) fanden bei ihren Untersuchungen über die Herkunft der Eiterkörperchen nach Injectionen von Zinnober in die vordere Kammer und gleichzeitiger Verletzung der Membrana Desc. von hinten her, dass zinnoberhaltige Zellen bis in das vordere Epithel der gereizten Cornea eindringen, und dass einzelne der obersten, platten Epithelien Zinnoberkörnchen enthielten. Ferner hat Rosow,***) um die Umwandlungen thierischen Pigmentes zu studiren, den aus der Chorioidea von Thieren gewonnenen Farbstoff in die vordere Kammer gebracht. Er beobachtete eine Auflagerung auf die Wände der vorderen Kammer und giebt an, dass der Farbstoff allmählig aus der Kammer verschwinde, ohne weiter auf den Vorgang der Resorption einzugehen.

Der einzige, welcher, so weit mir die Literatur bekannt ist, körnigen Farbstoff in die vordere Kammer zum Studium der Resorption injicirte, ist Calberla.†) Derselbe brachte in die vordere Augenkammer von

*) Zur Physiologie der Cerebrospinalflüssigkeit. Reichert und du Bois' Archiv, 1872, S. 152.

**) Hoffmann und v. Recklinghausen, Med. Centralblatt, 1867, pag. 182.

***) Archiv f. Ophthalm., IX, 3. Abth.

†) Pflüger's Archiv, IX, pag. 468.

weissen Kaninchen frisches Blut eines gleichen Thieres, welches durch Zinnober-Injection in die Jugularvene getödtet worden war, oder eine Mischung von frisch gelassenem, geschlagenen Blut und feinstem Zinnober, und fand die Zinnoberkörnchen in den Gefässen und im Stroma der Iris und des Corpus ciliare bis zur Ora serrata retinae, im Fontana'schen Raum und im Circulus venosus wieder. Nach einem Aufenthalt der Injectionsmasse in der vorderen Augenkammer von länger als 48 Stunden fand er Zinnoberkörnchen selbst in den Venae vorticosae.

Wenn nun auch die Resultate meiner Untersuchungen in Bezug auf den Nachweis abführender Bahnen negativ gewesen sind und in vielen Punkten mit denen, die Calberla erhielt, übereinstimmen, so hielt ich die Publikation derselben doch nicht für überflüssig, da meine Befunde doch in manchen Beziehungen von denen Calberla's abweichen und sich im Verlaufe der Untersuchungen einige interessante Facta herausstellten, deren von früheren Beobachtern nicht Erwähnung gethan ist.*)

Die Art und Weise der Injection war stets folgende: Es wurde einem albinotischen Kaninchen das Auge luxirt und eine sehr feine Capillarcannüle durch die Hornhaut möglichst schief und parallel ihrem Rande (um bei einer unvermutheten Bewegung des Thieres nicht in die Pupille und Linsenkapsel zu gerathen) eingestochen, und etwa 0,5 Gramm einer Anreibung von

*) Die Arbeit von Calberla erschien zu einer Zeit, als meine Untersuchungen schon zu einem gewissen Abschluss gekommen waren; der abweichende Theil seiner Resultate veranlasste mich zu erneuter Prüfung der meinigen. Ein Theil meiner Beobachtungen ist schon in meiner Inaugural-Dissertation (Ueber die Resorption von der vorderen Augenkammer. Göttingen, 1875) mitgetheilt, doch habe ich nicht ermangelt, dieselben seither noch wesentlich zu ergänzen und zu vervollständigen.

Zinnober oder Tusche in einer $\frac{1}{2}$ proc. Kochsalzlösung in die entleerte Kammer injicirt. Es versteht sich von selbst, dass die Injection mit vollständiger Schonung der Iris und Linse gemacht wurde, auch wurde sorgfältig auf ein möglichst langsames Abfliessen des Humor aqueus geachtet. Die Injection wurde so lange fortgesetzt, bis das Auge gut oder prall gefüllt schien. Um eine genügende Menge von Farbstoff in der vorderen Kammer zurückzubehalten, ist es von Wichtigkeit, die Mischung möglichst dickflüssig zu machen. Wurde dies unterlassen, so floss, selbst bei vorsichtigem Ausziehen der Canüle, eine so grosse Menge gefärbter Flüssigkeit wieder ab, dass oft nur Spuren von Pigment im Auge zurückblieben. Die Canüle wurde ferner zu demselben Zwecke nach der Injection meistens noch eine kurze Zeit stecken gelassen und darauf sehr langsam und absatzweise herausgezogen, damit die Hornhautwunde Zeit hatte, sich hinter der Canüle zu schliessen.

Die Reaction der Augen auf den geschilderten kleinen Eingriff ist nur eine sehr geringe. Abgesehen von der Irishyperämie und einer geringen Scleralhyperämie, die durch das Abfliessen des Kammerwassers bedingt wurden, traten gewöhnlich keine entzündlichen Erscheinungen auf. Einige Male wurde bald nach der Injection eine mässige Chemosis beobachtet, die aber regelmässig in 24 Stunden sich zurückbildete, so dass nach einigen Tagen, abgesehen von der kleinen, meist pigmentirten Narbe der Hornhaut und dem Farbstoff in der vorderen Kammer das Auge ganz normal war. Drucksteigerung wurde ebenfalls im Verlauf der Resorption nicht beobachtet.

Wurde bei der Operation wegen Unruhe des Thieres die Iris verletzt, so traten allerdings schwerere Entzündungen auf, die aber auf Atropinbehandlung rasch zurückgingen.

Wie wenig eingreifend das Injectionsverfahren an sich war, geht daraus hervor, dass ein Thier bis 6 Injectionen, die in Zwischenräumen von 2—4 Wochen gemacht waren, ertrug, ohne dass dadurch ein Auge zu Grunde ging oder auch nur schwerere Entzündungen auftraten.

Ich möchte diese geringe Reaction besonders deshalb betonen, weil dieselbe annehmen lässt, dass die Wege, auf denen hier die Resorption vor sich ging, die gewöhnlichen, physiologischen seien.

War die Kammer auf die beschriebene Weise mehr oder weniger vollständig mit Pigment gefüllt, so zeigte sich schon am nächsten Tage die Pupille fast vollständig frei. Die Ränder des centralen, kreisförmigen Defectes, der in seinem Durchmesser der Pupillarweite des Thieres entsprach, waren scharf, wie mit dem Locheisen ausgehauen, so dass es den Anschein hatte, als ob das aus der hinteren Kammer in die vordere einflussende Kammerwasser den Verschluss gewaltsam zur Seite gedrängt hätte.

Nach einigen Tagen waren grössere Pigmentmassen nur auf der Iris und als feiner rother oder schwarzer Saum in der Gegend des Ligamentum pectinatum vorhanden, auf ersterer einen mehr oder weniger unterbrochenen Ring bildend, der meist ungefähr in der Mitte zwischen Pupillar- und Ciliarrand der Iris lag. Im weiteren Vorlauf nahm diese Pigmentirung langsam und stetig ab. Besonders gut war das allmälige Verschwinden an den Auflagerungen auf der vorderen Linsenkapsel zu verfolgen, wenn eine gewisse Anzahl von Pünktchen dort hatte constatirt werden können. An diesen konnte progressiv ein allmäliges Vergehen ohne Veränderung ihrer Lage beobachtet werden, was einzig und allein durch Resorption bewirkt sein konnte.

Schon am lebenden Thiere war also zu constatiren,

dass der Farbstoff in den ersten Tagen rascher, später langsamer verschwindet, ohne dass eine grössere Ansammlung desselben, etwa durch Senkung, im unteren Theil der vorderen Kammer wahrgenommen werden konnte. Nach 14 Tagen erfolgte die Verminderung des Pigments schon ausserordentlich langsam, und bei einem Thiere, welches 8 Wochen am Leben blieb, war von der 6. bis zur 8. Woche überhaupt keine Abnahme desselben mehr zu bemerken. Länger habe ich leider kein Thier am Leben erhalten und vermag deshalb nicht anzugeben, ob nach sehr langer Zeit noch ein vollständiges Verschwinden des Farbstoffes in solchen Fällen möglich ist, wo so viel davon eingeführt wurde, dass nach Ablauf der ersten Wochen noch eine erheblichere Menge davon zurückgeblieben war. Doch war auch in solchen Fällen, wo bei der Injection wenig Pigment in der vorderen Kammer zurückblieb, nach einigen Wochen immer noch wenigstens etwas davon vorhanden, wenn ich auch nicht bezweifle, dass sehr geringe Mengen Pigment in relativ kurzer Zeit vollständig resorbiert werden können.

Schon der Umstand, dass bei langsamer Entfernung der Canüle das austretende Kammerwasser keineswegs stark mit Zinnober oder Tusche gefärbt war, und dass nie eine Senkung des Farbstoffes in der vorderen Kammer, kenntlich an einem horizontalen Niveau desselben eintrat, liess vermuthen, dass schon bald nach der Injection der grösste Theil desselben in ein Gerinnsel des Kammerwassers eingeschlossen und so am Ausfliessen gehindert wurde. Zur genaueren Constatirung dieser Verhältnisse wurde einem Kaninchen einen Tag nach einer Zinnober- Injection eine Quantität Kammerwasser mittelst Sticheanüle entzogen. Der erhaltene Humor aqueus war nahezu klar und nur ganz schwach röthlich tingirt. Unter dem Mikroskop zeigten sich

Lymphkörperchen, einzeln und zusammengeballt, und auch feine Zinnoberkörnchen darin suspendirt. Einige der ersteren waren noch in Bewegung und mit Fortsätzen versehen.

Das Auge wurde nun enucleirt und frisch untersucht. Beim Oeffnen der Hornhaut floss eine schwach gefärbte Flüssigkeit von der geschilderten Beschaffenheit ab. Der Zinnober lag in festen Membranen, die sich indessen leicht abziehen liessen, auf der Iris aufgelagert. Dieselben waren intensiv roth gefärbt und nur an einzelnen Stellen blasser, schon makroskopisch ihren Reichthum an Pigment beweisend. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass diese Auflagerungen aus einem dichten Netz feiner Fibrinfäden bestanden, in dessen Maschen sich Zinnoberkörnchen eingebettet fanden. Lymphkörperchen waren, wenn auch nicht gerade in grosser Menge, so doch zahlreicher als im Humor aqueus vorhanden.

Während also nach 24 Stunden das Kammerwasser noch etwas gefärbt schien, war dasselbe schon nach 2 Tagen farblos und wasserklar. Freier Zinnober war in ihm nicht mehr vorhanden. Es fanden sich dagegen in demselben mikroskopisch neben feinen, flockigen Gerinnseln eine Menge von rundlichen Zellen, deren einige deutlich zinnoberhaltig waren. Auch von diesen waren noch einige in Bewegung.

Nach 8 Tagen war der Humor aqueus klar und arm an morphotischen Elementen. Es fanden sich darin spärlich rothe Blutkörperchen, wenig Lymphkörperchen und zinnoberhaltige Zellen. Die auf der Iris aufgelagerte Schicht hing jetzt innig mit derselben zusammen und war schwer davon abzulösen. Einige abgezogene Partikelchen, die zerzupft wurden, wobei viel Zinnober frei wurde, wiesen eine sehr zierliche, netzförmige Anordnung des Fibringerinnsels auf, das mit farbstoffhaltigen Zellen und Lymphkörperchen dicht gefüllt war. Vor

dem Zerzupfen schien kein freier Zinnober vorhanden gewesen zu sein.

Der Gang der Dinge ist also der, dass Anfangs erst ein Theil des Zinnobers in das wahrscheinlich gleich nach der Injection entstehende Gerinnsel eingeschlossen wird, ein anderer Theil aber noch frei im Humor aqueus suspendirt bleibt. Dieser wird allmählig durch ausgewanderte Zellen aufgenommen und nach und nach immer mehr in das Gerinnsel übergeführt, so dass zuletzt nichts mehr davon im Humor aqueus zu finden ist.

Die Entstehung des Gerinnsels erklärt sich einerseits durch den reichlichen Gehalt an Eiweissstoffen, welcher regelmässig an dem gleich nach einer Paracentese abgesonderten Kammerwasser beobachtet wird, hier aber zum Theil auch noch durch den reizend wirkenden Inhalt der vorderen Kammer bedingt sein mochte, — andererseits durch die Berührung des gelösten Fibrins mit den Zinnoberpartikelchen, wodurch das erstere zum Gerinnen gebracht wird und die Farbstoffkörnchen in sich einschliesst. Dadurch erklärt sich das Vorkommen freien Zinnobers im Gerinnsel. Bald werden aber auch die innerhalb des Gerinnsels frei vorhandenen Pigmentkörnchen in Zellen aufgenommen.

Da die farbstoffhaltigen Zellen von besonderem Interesse sind, so mag eine kurze Beschreibung derselben folgen: Im Humor aqueus waren dieselben rundlich, mit einem oder mehreren Kernen versehen; ihr Protoplasma war granulirt. Der Durchmesser der Zellen betrug bei den grösseren 0,013—0,016 Mm., bei den kleineren 0,005—0,006 Mm., also im Mittel etwa 0,008 Mm. Bei Beobachtung in der feuchten Kammer schickten die Zellen nach verschiedenen Richtungen hin Fortsätze aus, die frei von Zinnober waren. Die meist ovalen Kerne traten bei Hämatoxylinfärbung besonders deutlich hervor.

Riesenzellen, wie sie Bizzozzero*) bei Gelegenheit älterer Hypopyonkeratitiden beobachtete und in denen er nach Injection von Hühnerblut die sternförmigen, rothen Blutkörperchen desselben gefunden hatte, waren nicht vorhanden.

Es schien zwar beim ersten Versuch dieser Art, wo Humor aqueus nach 24 Stunden durch eine eingeführte Canüle dem Auge entnommen war, als ob dergleichen vorhanden wären. Spätere Versuche indessen lehrten, dass diese für Riesenzellen gehaltenen Gebilde nur massenhafter zusammengehäufte zinnoberhaltige Zellen waren.

Dass der Zinnober wirklich in den Zellen lag und nicht nur der Oberfläche derselben aufgelagert war, wurde hier, wie bei allen übrigen Untersuchungen auch dadurch bewiesen, dass er sich beim Rollen der Zellen niemals von diesen entfernte.

Nachdem diese Veränderungen des Inhaltes der vorderen Augenkammer constatirt waren, richtete sich die weitere Untersuchung zunächst darauf, das Verhältniss des auf der Iris aufgelagerten Farbstoffs zum Gewebe der letzteren festzustellen. Zu diesem Zwecke wurde eine grössere Anzahl Augen, in welche vor kürzerer oder längerer Zeit (6 Stunden bis 8 Wochen) eine Injection von Zinnober oder Tusche gemacht worden war, nach Härtung in Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol untersucht. War das Auge durch einen Aequatorialschnitt halbirt, an der vorderen Hälfte der Glaskörper entfernt und die Linse von hinten her aus ihrer Umgebung freigemacht, wobei fast immer ein Theil der etwa vorhandenen Pupillarmembran auf der vorderen Linsenkapsel haften blieb, so konnte man schon hier

*) Beiträge zur Kenntniss der sog. endogenen Zellenbildung. Med. Jahrb. 1872, II. Heft.

und da rothe oder schwarze Flecke durch das zarte Gewebe der Iris hindurchschimmern sehen, die sich als auf deren vordere Fläche aufgelagerte, tingirte Membranen erwiesen. Wurde Iris und Chorioidea von der Hornhaut und Sclera vorsichtig abgezogen, so blieb auf dem Rande der ersteren ein scharf begrenzter, pigmentirter, nur selten unterbrochener Ring zurück. Aehnliche Befunde liegen wohl der Angabe Calberla's zu Grunde, dass er Pigment in den Gewebslücken des Fontana'schen Raumes und im Circulus venosus gefunden habe. Querschnitte zeigten aber bald, dass es sich nur um eine Einlagerung in die Lücken des Fontana'schen Raumes und eine Auflagerung auf die innere Fläche der Hornhautperipherie, nicht aber um eine Einlagerung in die Blutgefässe des Circulus venosus handelte. Auf erstere Befunde, die bei allen Präparaten constant zu finden waren, muss ich an anderer Stelle noch zurückkommen.

Betrachtete man ein excidirtes Irisstückchen von der Fläche unter Glycerinzusatz mit dem Mikroskop, so stellte sich die aufgelagerte Membran, falls Zinnober injicirt worden war, als eine dunkle, gekörnte, leicht glänzende Masse dar, an welcher keine Einzelheiten zu erkennen waren, während die tuschehaltigen Auflagerungen mehr wie ein zarter Schleier die Oberfläche der Iris deckten. Bei letzteren Präparaten bot sich schon nach 24 Stunden die auffallende Erscheinung dar, dass die Oberfläche der Iris wie von feinsten Pigmentkörnchen überstreut erschien. Die regelmässige Anordnung der einzelnen Pigmentzüge und -Massen um freie Centren liess den Gedanken aufkommen, dass eine Pigmentirung des Endothels der vorderen Irisfläche zu Stande gekommen sei, der Art, dass die Farbstoffkörnchen, den Kern freilassend, sich im Protoplasma abgelagert hatten. Der Beweis, dass dem wirklich so

sei, wurde dadurch geführt, dass es gelang, durch Abzupfen feine Gewebsplatten von der Oberfläche der Iris zu entfernen, auf denen in einer continuirlichen Lage Endothelzellen aufgelagert waren, die denen der Descemetschen Membran ähnlich mit sammt ihrem Tuscheinhalt isolirt dargestellt werden konnten. Die Grundform der Zellen war eine polygonale, doch wechselten kleinere mit grösseren ab, und auch rundliche und eiförmige Gebilde fehlten nicht. Alle besaßen einen grossen, meist ovalen, granulirten Kern, der fast stets von Pigmentkörnchen frei war. Nur in der unmittelbaren Nähe grösserer Pigmentklumpen waren vollständig pigmentirte Zellen in bedeutenderer Anzahl vorhanden. Die pigmentirte Zellenlage folgte in ihrem Verlaufe der welligen Oberfläche der Iris und war demgemäss an nebeneinanderliegenden Stellen nur bei verschiedener Einstellung sichtbar. Sie erstreckte sich vom Ciliar- bis zum Pupillarrand, manchmal erreichte sie letzteren nicht, bisweilen indessen wurde dieser von einer pigmentirten, von der Linsenkapsel abgelösten Auflagerung überragt; zuweilen erstreckte sich eine ähnliche Auflagerung auch bis auf die hintere Fläche der Iris. Die Pigmentirung war eine ziemlich regelmässige, nur waren in der Umgebung dichter aufgelagerter Pigmentmassen auch die Zellen dunkler und reichlicher infiltrirt, während ferner gelegene nur wenige Pigmentkörnchen zeigten. Da die Pigmentirung noch nach 8 Wochen in sehr hohem Grade vorhanden war, so ist wohl anzunehmen, dass eine weitere Resorption des in diesen Zellen eingeschlossenen Farbstoffes nicht mehr stattfindet. Nach Zinnober-Injectionen habe ich, wie erwähnt, die gedachten Erscheinungen nicht beobachtet. Doch glaube ich dies der geringen Feinkörnigkeit des von mir angewandten Zinnobers zuschreiben zu müssen, da von anderen Beobachtern eine Zinnober-Infiltration

platter Epithelzellen angegeben wird. So fand z. B. Reitz*) eine solche nach Infusion von Zinnober in das Blut eines Kaninchens an den Pflaster-Epithelzellen der Blase u. s. w.

Die Pigmentirung beschränkte sich nun nicht allein auf die Endothelzellen der Iris, sondern setzte sich auch continuirlich auf die Endothelzellen, welche die Rollet'schen Irisfortsätze bedecken, fort. Die Balken erster und zweiter Ordnung waren mit dicht aneinanderliegenden, pigmentirten Zellen bedeckt, was den zierlichen, arkadenförmigen Bau dieser Theile noch mehr hervortreten liess. An isolirten Balken, wo die Form der einzelnen Zellen genauer zu bestimmen war, schien sie übereinstimmend mit der auf der Iris gefundenen zu sein. Der Kern war auch hier oval, ziemlich gross, granulirt und fast ausnahmslos frei von Tusche. Auch hier war wie bei den Zellen auf der Iris noch nach 8 Wochen eine reichliche Pigmentirung zu bemerken, also auch eine weitere Resorption aus diesen Zellen höchst unwahrscheinlich.

Gemäss der geringen Contractilität dieser Zellen hat man sich das Vorkommen von Tusche in denselben wohl nicht durch einen Process, ähnlich dem des „Fressens“ der weissen Blutkörperchen, zu erklären, sondern es ist wahrscheinlicher anzunehmen, dass durch den in der vorderen Kammer herrschenden Druck die Farbstoffkörnchen in die weichen Zellenleiber hineingepresst seien. Der Vorgang muss ein ähnlicher sein, wie derjenige, durch welchen die feinen eingeathmeten Staub- und Eisenpartikelchen in das Gewebe der Lunge gelangen.

Während die beschriebenen Veränderungen der

*) Sitzungsberichte der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften zu Wien. Math.-nat. Klasse 1862, 2.

Endothelzellen nur durch einen sehr kleinen Bruchtheil der injicirten Farbstoffmenge verursacht werden, lagert sich die Hauptmasse in einer Schwarte auf der vorderen Irisfläche ab, deren Structur und Verhältniss zum Irisgewebe durch Querschnitte meist an Zinnoberpräparaten bestimmt wurde.

Im Anfange der Resorption lag dieselbe genau der Iris an, liess aber noch deutlich die Grenzen zwischen beiden Membranen erkennen. Sie bestand vorwiegend aus Fibringerinnsel, wie es weiter oben beschrieben worden ist. An Zellen war sie arm und nur ein sehr kleiner Theil derselben enthielt Farbstoffkörnchen. Das Verhältniss zwischen pigmentirten und pigmentlosen Zellen war ungefähr dasselbe wie in der freien Flüssigkeit. Die Iris war im Ganzen bedeutend zellenreicher als gewöhnlich, namentlich waren die der Schwarte angrenzenden Theile derselben sehr dicht mit Lymphkörperchen infiltrirt, von denen aber nur hier und da eins Zinnober- oder Tuschkörnchen erkennen liess. Auch waren diese pigmentirten Zellen nur in den unmittelbar angrenzenden Partien zu finden. Je weiter die Resorption fortschritt, desto mehr nahm auch das Gerinnsel Zellen in sich auf und das Fibrin trat an Menge zurück. Nach noch längerer Zeit war das Gerinnsel ganz von Zellen durchsetzt, die fast sämmtlich von Zinnober oder Tusche erfüllt waren. Bald zeigte sich auch eine Veränderung in der Form der Zellen. Während dieselben Anfangs unregelmässig und rundlich erschienen, waren sie etwa nach einer Woche stark abgeplattet, unregelmässig zackig, mit Ausläufern versehen und vielfach in membranöse, doch fast allenthalben noch feinkörnige Platten umgewandelt. An manchen Stellen schien das Gerinnsel ganz oder doch fast ganz aus diesen abgeplatteten Zellen zu bestehen. Die Substanz der letzteren war auch vielfach etwas streifig. An anderen Präparaten erschien

zwischen den Zellen eine faserige, streifige Zwischensubstanz, die sich von den Zellen nicht scharf abgrenzte, so dass an einen Uebergang der Zellen in Fasern oder Faserbündel gedacht werden konnte. Durch Hämatoxylinfärbung traten bei den Zellen sehr zahlreiche, ziemlich grosse, meist ovale Kerne hervor. An vielen Stellen sah man, wie von der Schwarte sich einzelne pigmentirte Zellen ablösten und in die anliegende Iris eindringen. Dasselbe fand am Ligamentum pectinatum statt, dessen Maschen an vielen Präparaten mehr oder minder reichlich mit pigmentirten Zellen gefüllt waren. Häufig fand sich aber die grösste Zahl der pigmentirten Zellen am Pupillarrand und es schien durchaus nicht, als ob das Lig. pect. die einzige Stelle sei, wo Pigmentzellen in die Iris eindringen konnten. Es hatte vielmehr den Anschein, als ob das Eindringen auch überall an der freien Fläche der Iris stattgefunden habe. Besonders lehrreich über die Art des Einwanderns war ein Präparat, bei welchem der Schnitt ausser durch die Iris, auch noch durch eine Synechie gedrunken war, welche die Iris mit der stark pigmentirten Hornhautnarbe verband. Das Gewebe der Synechie war dicht mit Farbstoffkörnchen gefüllt, ebenso die Stelle der Iris, an der sich die Synechie inserirte. Weiter gegen die hintere Fläche der Iris zu nahm auch der Reichthum an pigmentirten Zellen ab, und zwar um so mehr, in je weiterem Kreise die Stelle von der Synechie entfernt lag. Hierbei war kein Zweifel, dass der Farbstoff direct von der Stelle der Synechie aus in das Irisgewebe hineingeschleppt war.

In den spätesten Stadien — also etwa nach zwei bis vier Wochen — bestand die Schwarte ganz aus faserigem Gewebe, das vollkommen den Charakter von Bindegewebe hatte und in welches Zellen in nicht gerade grosser Anzahl eingeschlossen sich befanden. Den Fasern und Faserbündeln waren die Zellen endothelartig auf-

gelagert. Wo der Pigmentgehalt der Schwarte sehr reichlich war, sah man auf dem Durchschnitt nur eine grosse continuirliche Farbenmasse, die der Iris unmittelbar auflag, während sich an der vorderen Fläche noch eine dünne Schicht eines weniger pigmentreichen Bindegewebes befand. Am Rande der gleichmässigen Pigment-Anhäufung war zu constatiren, dass dieselbe aus runden oder unregelmässigen Haufen zusammengesetzt war, die mit Sicherheit für zusammengeballte Zellmassen zu halten wären. Die Pigmentkörnchen fanden sich in den Zellen so dicht an einandergelagert, dass von Zellsubstanz und Kern nichts hervortrat, als hier und da ein schmaler peripherischer Saum. Diese Haufen bildeten Uebergänge zu deutlich als Zellen zu erkennenden Gebilden, die weniger Pigment enthielten. Zwischen dieser Schwarte und der Iris war jetzt eine so enge Verbindung eingetreten, und zwar ohne dass eine Vascularisation von der Iris aus stattgefunden hätte, dass eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht mehr zu erkennen war.

Der beschriebene Vorgang ist der gleiche bei Injectionen von Tusche wie von Zinnober. Nur waren die tuschehaltigen Schwarten, wie gesagt, feiner, die einzelnen Stadien gingen schneller in einander über, so dass eine genauere Verfolgung nur an letzteren möglich war.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Antheils der Iris an der Resorption über, so ist schon erwähnt, dass entsprechend dem durch die aufgelagerten Gerinnsel entstandenen Reize, namentlich an den den Auflagerungen anliegenden Theilen, dieselbe sehr dicht mit Lymphzellen infiltrirt war. Während in der ersten Zeit nach der Injection pigmentirte Zellen nur spärlich an der Vorderfläche der Iris wahrzunehmen waren, mehrten sich diese bald in dem Maasse, dass schon nach

24 Stunden die ganze Iris und die Maschen des Ligamentum pectinatum ziemlich dicht von denselben durchsetzt waren (Fig. 1) und pigmentfreie Zellen sich nur selten vorfanden. Die Gestalt, welche die in die Iris zurückgewanderten Zellen angenommen hatten, war eine äusserst mannigfaltige. Oft waren sie rund, mit deutlichem, ziemlich grossem, granulirtem Kern, und zeigten nur hier und da um den letzteren ein Pigmentkörnchen. Die bei weitem grösste Anzahl aber war spindelförmig mit dickem, angeschwollenem Zellenleib, grossem Kern, fast constant mit zwei blassen, schmalen Fortsätzen versehen, die die Länge des Zellenleibes um das Zwei- und Mehrfache übertrafen. Die Pigmentkörnchen lagen ausser um den Kern, auch spärlich in den Fortsätzen abgelagert, nur die äussersten Enden der letzteren waren gewöhnlich pigmentfrei. Diese Art von Zellen trat an Zupf- wie an Schnittpräparaten in der gleichen Form am auffallendsten hervor. Wieder andere Zellen waren mehr eiförmig, fast ganz von Pigment erfüllt, der Kern meist an die Wand gedrängt. Solche Formen bildeten den Uebergang zu vollständig mit Farbstoffkörnchen ausgefüllten Zellen, die in allen möglichen Formen von der einfach runden bis zu sehr vielgestaltigen Gebilden in den verschiedensten Grössen sich zeigten. Lagerten sich mehrere solcher vollständig gefüllten Zellen an einander, so entstanden mitten im Irisgewebe grosse, schwarze Klumpen, die wohl nur auf diese Weise entstanden gedacht werden können. Da die Iris auch an solchen Schnitten, wo keine Schwarte oder eine solche nur an einer sehr kleinen Stelle sich abgelagert hatte, Pigmentgehalt zeigte, so ist es gerechtfertigt, den pigmenttragenden Zellen das Vermögen zuzuschreiben, ihre Lage zu verändern, d. h. sie für Wanderzellen zu erklären. Der Anfangs aufgetauchte Verdacht, dass die Zellenhaufen erst bei der Schnitt-

führung auf das Gewebe der Iris gelangt seien, ist daher schon hierdurch einigermaassen widerlegt, abgesehen davon, dass sich die betreffenden Zellen mit Sicherheit als im Irisgewebe eingeschlossen erkennen liessen.

Es wirft sich weiter die Frage auf, ob alle in der Iris befindlichen pigmenthaltigen Zellen eingedrungene Wanderzellen seien, oder ob nicht vielleicht ein Theil derselben als pigmentirte Stromazellen angesprochen werden dürfen. Dass die fixen Bindegewebszellen sich mit in den Organismus gebrachtem körnigen Farbstoff füllen ist ja eine von verschiedenen Beobachtern verbürgte Thatsache. So haben unter Anderen Hoffmann und Langerhans die genannten Zellen nach Infusion von Zinnober ins Blut mit aus den Gefässen ausgetretenen Farbstoffkörnchen gefüllt gesehen. Ich glaube in diesem Falle eine Pigmentirung der eigentlichen Stromazellen in Abrede stellen zu dürfen. Es schien zwar an manchen Präparaten, als ob die pigmentirten Fortsätze einzelner spindelförmiger Zellen in einander übergingen. Waren dieselben reichlicher pigmentirt, so entstanden netzförmige Figuren, die sich als verästelte, künstlich pigmentirte Stromazellen deuten liessen. Völlig überzeugende und unzweideutige Präparate habe ich aber darüber nie erhalten können, da ein solches Vorkommen immerhin selten war. Auch bleibt immer die Möglichkeit, dass pigmentirte Lymphkörperchen derart umgewandelt werden können, dass sie von echten Stromazellen nicht zu unterscheiden sind. Ausserdem stellen sich einer Erklärung, wie das Pigment in die Stromazellen hineingelangen könne, nicht unerhebliche Schwierigkeiten entgegen. Die Annahme, dass das Pigment aus den Lymphkörperchen, vielleicht durch Zerfall der letzteren, frei würde und dann in die Stromazellen hineingeriethe, lässt sich nicht vertheidigen. Wenigstens wurden nie freie Farbstoffkörnchen von

körnigen, detritusähnlichen Massen umgeben, vorgefunden.

Es bliebe nur noch die Annahme übrig, dass freier Farbstoff ohne die Vermittelung von Zellen aus der vorderen Kammer in das Irisgewebe hineingelangen könne. Einem solchen Eindringen setzt aber das vordere Endothel, das selbst Pigmentkörnchen in sich aufnimmt, ein kaum zu übersteigendes Hinderniss entgegen. Da auch weder in der Iris, noch im Ligamentum pectinatum frei in die vordere Kammer mündende Kanäle oder Resorptionswege gefunden wurden, in denen sich der Farbstoff doch in feinen Streifen und Zügen hätte niederschlagen müssen, so ist schon aus diesen Gründen das Vorkommen freien Farbstoffs in den Geweben höchst unwahrscheinlich.

In der That konnten auch an Schnittpräparaten keine freien Farbstoffpartikelchen mit Sicherheit nachgewiesen werden. Wenn es auch bisweilen schien, als ob einzelne Körnchen hier und da frei im Gewebe lägen, so zeigte sich bei eingehenderer Untersuchung doch immer, dass diese entweder in besonders langen und zarten Fortsätzen der Zellen lagen oder dass der Kern der Zelle, um den sie gelagert waren, vorher nicht hinreichend tingirt war. An Zupfpräparaten wurde vielfach freier Farbstoff gefunden. Indessen kann dagegen der Einwurf erhoben werden, dass derselbe erst künstlich durch die Präparation frei geworden sei. An Menge standen aber die vorhandenen freien Farbstoffkörnchen so bedeutend gegen die in den Zellen befindlichen zurück, dass es gerechtfertigt ist, ersteren Zustand als Ausnahme und durch irgend welchen Zufall bedingt anzusehen.

Nach alle dem scheint mir festzustehen, dass, abgesehen von den freien Farbstoffpartikeln, die in dem ersten Stadium im Humor aqueus und im Gerinnsel vorhanden sind, späterhin kein freier Farbstoff mehr

vorkommt. Aehnlich spricht sich Ponfick aus, der, nach Einführung von Zinnober in die Gefässe, den gesammten Farbstoff nur in Zellen abgelagert antraf und auch das Vorkommen freien Zinnobers in den Geweben leugnen zu müssen glaubt.

Störend bei den Untersuchungen von Zinnoberpräparaten und den Anschein freier Zinnober-Anhäufungen erweckend war das Vorhandensein von Gebilden, wie sie auch Ponfick erwähnt, die den letzteren sehr ähnlich waren und bei fast allen Präparaten in mehr oder weniger grosser Menge angetroffen wurden. Sie konnten indessen, namentlich, wenn bei künstlicher Beleuchtung mikroskopirt wurde, mit Sicherheit als nicht aus Zinnober bestehend erkannt werden, da ihnen der eigenthümliche Reflex der Zinnoberkörnchen abging.

Die Vertheilung des Farbstoffs im Gewebe der Iris und des Ligamentum pectinatum war, was die Menge betrifft, durchaus regellos zu nennen. Bald lagen die Zellen zahlreicher in der Gegend des Pupillarrandes, bald am Ligamentum pectinatum, bald an Stellen, wo sich eine Synechie inserirte. In anderen Fällen war die ganze Iris gleichmässig von denselben infiltrirt.

Ebenso unregelmässig war die Anordnung der Zellen. Ein Zusammentreten zu Reihen stellte sich bei keinem Präparate dar. Besonders ist zu bemerken, dass sie in ihrer Anordnung nicht dem Verlauf der Gefässe zu folgen schienen oder auch nur mit Vorliebe in der Nähe der Gefässwandungen getroffen wurden. Da Calberla Zinnober in den Gefässen angetroffen hatte, so konnte man erwarten, bei der grossen Anzahl der angefertigten Präparate doch wohl einige Male ein Durchwandern der pigmentirten Zellen durch die Gefässwände zu sehen, ähnlich, wie es von Saviotti*) an den Ge-

*) Med. Centralblatt 1870, S. 145.

fässen des Frosches beschrieben worden ist. Davon zeigte sich aber nie etwas. Vielmehr blieben die pigmentirten Zellen stets von dem Lumen des Gefässes durch die Adventitia mit ihren grosskernigen Zellen getrennt, welche letztere nie auch nur eine Spur von Pigment aufwiesen. Obwohl es nach alledem unwahrscheinlich erschien, dass sich Pigment in den Gefässen würde nachweisen lassen, so regten doch die von Calberla gemachten Angaben zu weiteren Nachforschungen an.

Es wurde zu diesem Zweck einem weissen Kaninchen eine reichliche Zinnober-Injection gemacht und dasselbe nach 24 Stunden, wo man nach den früheren Erfahrungen sicher sein konnte, dass die Auswanderung von der vorderen Kammer aus schon im Gange war, strangulirt, um die Gefässe möglichst gefüllt zu erhalten. Nachdem noch die Venae vorticosae in der Nähe ihres Austritts aus der Sclera unterbunden waren, wurden die Augen enucleirt. Die dickwandigen Gefässe der Iris strotzten von Blut und waren auf Längsschnitten deutlich zu verfolgen. Es zeigte sich in keinem derselben auch nur ein deutliches Zinnoberkörnchen, obwohl das umliegende Gewebe deutlich und reichlich mit Zinnober gefüllt war. Das Bild war in jeder Art den früher erhaltenen gleichartig. Besondere Sorgfalt wurde auf die Untersuchung der Venae vorticosae verwandt, in denen bei ihrem relativ bedeutenden Caliber, wenn anders das Pigment durch die Gefässe ausgeführt wurde, doch Spuren von demselben anzutreffen Hoffnung war. Nachdem die Venen, die durch ihren Inhalt deutlich hervortraten, abpräparirt waren, wurde dieser auf eine Glasplatte ausgedrückt und untersucht. Das Resultat war ebenfalls negativ. Das bei der Enucleation des strangulirten Kaninchens reichlich gewonnene Blut wurde defibrinirt und mit demselben negativen Resultat ersucht.

Kein anderes Ergebniss gewährten folgende Blut-

proben. Es wurde von 2 Kaninchen, von denen das eine 8, das zweite 6 Wochen vorher eine reichliche Injection erhalten hatte, 14 Tage hinter einander täglich durch Schnitte in die Ohren Blut gewonnen, das aber auch zinnoberfrei war. Um kein Mittel ausser Acht zu lassen, das dazu beitragen konnte, den Zinnober in den Blutbahnen nachzuweisen, wurden einem Kaninchen 6 Injectionen nach und nach beigebracht, und zwar immer erst dann wieder Zinnober in die Augenkammer eingeführt, wenn der vorher injicirte fast vollständig resorbirt war. Indem so eine grosse Menge Farbstoff in den Organismus gelangt war, konnte man hoffen, allenfalls in den grösseren Drüsen, der Leber und Milz vor allen, Spuren davon anzutreffen, da die Untersuchungen von Ponfick erwiesen haben, dass in die Circulation gelangter Zinnober mehr oder weniger früh in drüsigen Organen abgelagert wird. Indessen erschienen die Leber und Milz eines Kaninchens, das im Ganzen 6 Injectionen erhalten hatte, frei von Zinnober, ebenso die Lymphdrüsen. Es ist dieses negative Ergebniss in Anbetracht der doch immer nur geringen Menge Zinnober, welche dem Körper des Thieres einverleibt wurde, wohl nicht allzu sehr auffallend.

Schliesslich will ich noch erwähnen, dass gut gelungene Injectionen von Berliner Blau in die Gefässe auch nur dazu dienten, den Aufenthalt der Pigmentzellen im Gewebe unabhängig von den Gefässen zu demonstrieren.

Die geschilderten Verhältnisse in Bezug auf Gestalt und Anordnung der Zellen waren im Ligamentum pectinatum und in den Ciliarfortsätzen durchaus dieselben wie in der Iris.

Verglich man Querschnitte der Iris von Augen, die eine gleiche Menge von Farbstoff injicirt erhalten hatten, so fiel es auf, dass Querschnitte von späteren Stadien

eine merkliche, wenn auch nicht bedeutende Abnahme der Pigmentirung zeigten; nur das pigmentirte Endothel trat an Schnitten aus allen Stadien bei Tusche-Injection als dunkle, gekörnte Linie in gleicher Intensität hervor. Da eine Fortschaffung des Pigmentes aus der Iris durch die Gefässe mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen war, so lag es am nächsten, eine Fortwanderung der pigmentirten Wanderzellen in der Continuität des Gewebes anzunehmen. Und in der That gelang es auch mit Pigment (Tusche) gefüllte Zellen nach Verlauf einer Woche in der Chorioidea wahrzunehmen. Die Zellen waren von derselben Gestalt, wie sie in der Iris beschrieben sind, nur fehlten die grossen körnigen Klumpen gänzlich. Auch war die Pigmentirung immer nur schwach. Wie sich an Querschnitten und durch die Einstellung beweisen liess, nahmen sie die mittleren Schichten ein, wiederum ohne sich an die Gefässe anzuschliessen. Die Pigmentirung erstreckte sich ungefähr bis zum Aequator, wenigstens bemerkte ich einzelne gefärbte Zellen noch in dem Stroma zwischen den stärksten, zusammentretenden Gefässstämmen. Im hinteren Abschnitt des Bulbus habe ich keine Pigmentirung gesehen. Ebenso war der Perichorioidealraum stets frei von Pigment. Ich befinde mich in diesem negativen Befunde in Uebereinstimmung mit Ponfick, der ebenfalls den Raum zwischen Aderhaut und Sclera frei von Farbstoff sah, während fast sämmtliche übrigen Gewebe lymphoider Natur Zinnoberkörnchen enthielten. Der in der Aderhaut befindliche Pigmentgehalt war indessen doch so spärlich, dass es kaum anzunehmen war, dass allein auf diesem Wege das Pigment aus der Iris, dem Ligamentum pectinatum und den Ciliarfortsätzen fortgeschafft sein könne. Ein zweiter, farbstoffreicherer Weg wurde denn auch in der Scheide von Scleralgefässen gefunden. Es zeigte sich dies an Gefässen, welche in der

Gegend des Ligamentum beginnend, in fast senkrechter Richtung die Sclera durchsetzten und deren weiterer Verlauf an den Schnitten nicht verfolgt werden konnte. In der unmittelbaren Umgebung derselben waren freie, sowie mit Farbstoff gefüllte Lymphzellen wahrzunehmen, ebenso waren auch einzelne Adventitialzellen deutlich mit Pigment versehen. Hier war eclatant zu sehen, dass die pigmenttragenden Zellen dem Verlauf des Gefäßes folgten, denn sowohl an diesen Präparaten, wie an allen übrigen war die Sclera ganz frei von Pigment. Im Lumen des Gefäßes war kein Pigmentkörnchen zu bemerken. Es wurde auch nicht unterlassen, um möglicherweise den Austritt der Pigmentkörnchen aus dem Bulbus constatiren zu können, die Bindehaut und das subconjunctivale Gewebe auf ihren Pigmentgehalt zu untersuchen. Die Resultate waren aber negativ, da nicht zu entscheiden war, ob nicht die hier und da zerstreut im Gewebe der Bindehaut vorgefundenen Pigmentkörnchen durch irgend welchen Zufall dorthin gelangt seien.

Es erübrigt nun noch die Veränderungen zu beschreiben, welche die Hornhaut und die vordere Linsenkapsel in Folge der Pigment-Einfuhr erlitten. Auf der hinteren Hornhautwand lagerte sich ebenso wie auf der vorderen Fläche der Iris der Farbstoff, in ein Fibringerinnsel eingeschlossen, ab, das gewöhnlich stark pigmentirt war und keine Structur zeigte. Solche Auflagerungen fanden sich namentlich an der inneren Oeffnung des Stichkanals vor, welcher dadurch völlig verschlossen war. Sie hingen mit den auf der Iris befindlichen Massen meist so fest zusammen, dass es unmöglich war, beide von einander zu trennen und blieben beim Abziehen der Cornea von der Iris oft auf der Schwarte der letzteren sammt der Membrana Descemetii sitzen. Makroskopisch stellten sie sich als kleine, schwarze Pünktchen dar.

Bald war aber auch an diesen Auflagerungen eine Structur zu bemerken. Der centrale Theil zerklüftete sich, wurde lichter und zeigte eine grosse Anzahl runder, stark pigmentirter, lymphkörperchenähnlicher Zellen, die wie der freie Farbstoff in eine faserig-streifige Grundsubstanz eingebettet waren. Gingen von diesen Heerden, wie es häufig der Fall war, seitliche Verzweigungen aus, so bestanden dieselben ebenfalls aus einem feinstreifigen Gewebe, das sich bei stärkerer Vergrösserung als aus sehr schmalen, eng an einander gelagerten, spießförmigen Zellen bestehend, auswies. Jede der Zellen hatte einen länglichen Kern und war nach beiden Seiten hin ziemlich reichlich pigmentirt, so dass die Arme häufig nur aus schwarzen Strichen zusammengesetzt schienen. Auf diesen Aesten war oberflächlich eine Anzahl von Zellen aufgelagert, die sich durch ihre runde oder polygonale Gestalt und ihre bedeutendere Grösse wohl von den schmalen und länglichen, auf denen sie lagen, unterscheiden liessen. Es schien, als ob diese Zellenlage allmählig in die der Endothelzellen der Descemetschen Membran überginge, denen sie auch ausserordentlich ähnlich waren. Waren die Pigmenthaufen klein, so überdeckten sie bisweilen dieselben vollständig. Es liesse sich wohl denken, dass diese Zellen ebenso die aufgelagerten Gerinnsel überwuchert hätten, wie dies auf der vorderen Hornhaut-Oberfläche bei der Reparation eines Geschwürs Seitens der daselbst befindlichen Epithelzellen geschieht. Bei grösseren Auflagerungen schienen sie mir nur die Fusspunkte der Verästelungen zu überdecken. Doch wage ich nicht zu entscheiden, ob die besprochenen Zellen durch Wucherung des Descemetschen Epithels oder durch eine Auflagerung von innen entstanden sind.

Gegen erstere Ansicht scheint mir zu sprechen, dass von ihnen Ausläufer ausgingen, die sich vielfach mit

einander verästelten und in deren Kreuzungspunkten sich bisweilen lymphkörperchenähnliche Zellen befanden. Diese Ramifikationen erstreckten sich in weitem Umfange um die Auflagerungen und lagen sicher über den Endothelzellen der Descemetschen Membran, welche erst durch tiefere Einstellung in ununterbrochener Lage hervortraten (Fig. 4). Für die Entstehung durch Auflagerung spricht auch der Umstand, dass, wie später beschrieben werden wird, sich auf der vorderen Linsenkapsel ganz ähnliche Formen vorfanden, welche bei dem Mangel von Zellen an dieser Stelle im normalen Zustande nur durch Auflagerung entstanden sein konnten.

Auch die Endothelzellen der Descemetschen Membran (Fig. 2) hatten an einer Reihe von Präparaten, bisweilen in grosser Ausdehnung Pigmentkörnchen in sich aufgenommen. Das Bild war auf das Ueberraschendste dem ähnlich, wie es von der vorderen Fläche der Iris beschrieben worden ist. Färbte man ein solches, vorsichtig abgezogenes Stück der Membran mit Hämatoxylin, so war um jeden Kern ein mehr oder weniger dichter Kranz von Pigment gelagert zu sehen. Der Kern trat fast stets frei hervor und nur sehr vereinzelt war eine Zelle total von Farbstoffkörnchen erfüllt. Häufig fand sich nur ein oder einige schwarze Pünktchen in den Zellen.

Alle Zellen der Descemetschen Membran, auch da, wo sich kein Pigment befand, schienen vergrössert zu sein, und lagen häufig dachziegelförmig übereinander. Die übergeschobenen Theile waren dann am reichlichsten pigmentirt. Hatten auch die Zellen stellenweise ihre normale Grösse, so war doch bei vielen eine Vergrösserung des Kernes zu bemerken. An einigen wurde eine leichte Kerbung, wie eine beginnende Theilung, an wenigen zwei Kerne wahrgenommen.

Im Gegensatz zu der gewöhnlichen dichten Anord-

nung der Zellen, gab es Stellen, wo sich kleinere und grössere Lücken von ganz unregelmässiger Gestalt befanden. Die dort vorhandenen Zellen waren ebenfalls von den verschiedensten Gestalten und Grössen, ohne irgend eine charakteristische Form erkennen zu lassen. Es gab an solchen Stellen neben grösseren auch geschrumpfte Zellen, die sich in fast streifenförmiger Figur präsentirten. Auch diese enthielten Pigmentkörnchen wie die übrigen.

Diese geschrumpften Zellen bildeten den Uebergang zu einer eigenthümlichen Umgestaltung der Descemet-schen Zellen, welche sich fast immer nur an dem Theil der Membran zeigte, welcher an den Iriswinkel anstiess und beim Abziehen der Iris auf der Hornhaut als schwarzer Streif sitzen blieb. Die Zellen (Fig. 3) lagen regelmässig angeordnet, das Protoplasma aber war derartig contrahirt, dass es nur als schmaler, lichter Saum den grossen Kern umgab. Unter einander hingen die Zellen durch feine Fortsätze des Protoplasma zusammen. Die durch letztere eingeschlossenen Lücken waren bisweilen nur so gross, als etwa der halbe Zellkern, konnten aber auch die Dimensionen einer, ja selbst mehrerer Zellen annehmen. Der Farbstoff lag hier in feinsten Körnchen entweder in dem Protoplasmasaum um den Kern oder in den Fortsätzen, niemals in den Interstitien.

Wie diese eigenthümlichen Umbildungen zu Stande gekommen sind, wage ich nicht zu entscheiden. Vielleicht handelt es sich um eine aus unbekannten Ursachen im Innern der Zellen aufgetretene Vacuolenbildung. Es liesse sich aber auch denken, dass hier eine active Contraction der Zellen intra vitam stattgefunden hätte, wie sie von Klebs*) an der Froschcornea beobachtet worden

*) Centralblatt f. d. med. Wissensch., 1864, p. 513.

ist. Gegen die Annahme einer Schrumpfung durch Einfluss der Härtingsflüssigkeiten spricht der Umstand, dass das Endothel an den anderen Stellen derselben Hornhaut unverändert gefunden wurde.

Es wäre nur noch zu discutiren, ob die Behauptung, dass die Farbstoffpartikelchen die Endothelzellen füllten, eine berechnigte sei. Ich glaube dies bejahen zu können, da ich im Laufe der Untersuchungen nichts fand, was mit dieser Annahme unvereinbar gewesen wäre. Tusche und Kern waren nur bei derselben mikroskopischen Einstellung vollkommen deutlich sichtbar. Am besten liess sich dies an Zellen beobachten, die bei einer abgezogenen Descemet'schen Membran einzeln über den Rand der letzteren hinüberragten. Isolirte man durch Zerzupfen einige Zellen und brachte sie ins Rollen, so blieb das Pigment vollständig an seinem Platze. Auch an Querschnitten waren neben dem Kern deutlich einzelne Pigmentkörnchen sichtbar.

Sehr beweisend scheint mir auch das Verhalten des Farbstoffs in den eigenthümlich contrahirten Zellen am Rande der Hornhaut zu sein. Hier musste er unbedingt zu dem Protoplasma in engster Beziehung stehen, um bei den Veränderungen der Zellen seinen Platz um den Kern so gut behaupten zu können. Gegen die Annahme, dass der Farbstoff auf den Kittleisten deponirt war, lässt sich anführen, dass da, wo nicht vergrösserte, gut pigmentirte Zellen zusammenstiessen, zwischen den Pigmentmassen feine, lichte Leisten als Ausdruck der Kittsubstanz hervortraten.

Abgesehen von den besprochenen Ablagerungen war das Pigment in der Hornhaut nur noch im Stichkanal und dessen nächster Umgebung vorhanden. Derselbe war dicht mit Farbstoff gefüllt, nach der vorderen Kammer zu durch das schon erwähnte, sehr pigmentreiche Fibringerinnsel abgeschlossen.

Nach vorn waren einzelne Pigmentkörnchen noch in dem Epithel der vorderen Hornhautfläche zu bemerken. An manchen Präparaten schien der Farbstoff durch den Druck zwischen die Lamellen der Hornhaut hineingepresst zu sein, wenigstens liess er sich von der Narbe aus, nach beiden Seiten einen allmählig immer schmaleren Streifen bildend, verfolgen der zuletzt in einer scharfen Spitze endigte. Bei Tusche-Injectionen konnte auch eine Pigmentirung der Hornhautkörperchen in der Umgebung der Narbe beobachtet werden. Der Resorptionsmodus wäre also ähnlich dem, wie er von Holm*) an tätowirten Hornhäuten beobachtet ist. Sonst war die Cornea absolut frei von Pigment und auch nirgends eine Ansammlung von Lymphkörperchen zu bemerken, auch nicht an den Stellen, wo auf der hinteren Fläche eine Farbstoff Auflagerung stattgefunden hatte. Es ist daher anzunehmen, dass bei der Resorption des Farbstoffs aus der vorderen Kammer der Hornhaut nur eine passive Rolle zufällt.

Ähnliche Auflagerungen wie auf der Iris und der hinteren Hornhaut-Oberfläche fanden auch auf der vorderen Linsenkapsel statt. Sie boten, mit Ausnahme eines Falles, nichts Abweichendes von den beschriebenen Auflagerungen auf die anderen genannten Theile dar. Es fand sich hier auf einem abgezogenen Stück der vorderen Kapsel eine continuirliche Lage grosskerniger, platter, stark pigmentirter Zellen, die denen der Descemetschen Membran ausserordentlich ähnlich sahen. Wie von den Zellen, welche die kleineren Auflagerungen auf der hinteren Hornhaut-Oberfläche überdeckten, gingen auch hier feinste pigmentirte Ausläufer aus, die ebenfalls in der verschiedensten Weise mit einander anastomosirten. In den Kreuzungspunkten lagen hier

*) Arch. f. experim. Pathologie, 1876.

und da ovale, mittelgrosse, deutlich tingirte Kerne. Da auf der vorderen Kapsel kein Epithel existirt, das sich in der beschriebenen Weise tingiren konnte, so ist wohl anzunehmen, dass diese Zellen in eine Auflagerung von der vorderen Kammer aus einwanderten, den gesammten Farbstoff in sich aufnahmen und durch den Druck in der vorderen Kammer abgeplattet, als continuirliche Lage platter Zellen auf der vorderen Linsenkapsel persistirten.

Aus den beschriebenen Untersuchungen geht hervor, dass in die vordere Kammer injicirtes körniges Pigment schon sehr bald nach der Einführung in ein Fibringerinnsel eingeschlossen wird, welches sich zum grössten Theil auf die vordere Fläche der Iris und auf das Ligamentum pectinatum ablagert. Das Anfangs zellenarme Gerinnsel nimmt später immer mehr aus der Iris und dem Lig. pect. ausgewanderte Zellen in sich auf, die sich allmählig sämmtlich mit Farbstoff füllen. Die pigmentirten Zellen treten dann eine Rückwanderung an und sind sicher schon nach 24 Stunden in der ganzen Iris und dem Lig. pect. zerstreut zu finden. In den genannten Geweben liegen die Zellen regellos, jedenfalls folgen sie nicht dem Verlauf der Gefässe (Fig. 1). Freier Farbstoff ist nicht mit Sicherheit nachzuweisen.

Aus der Iris und dem Ligamentum pect. wandern die Pigmentzellen weiter längs den Scleralgefässen und bis weit in die Chorioidea hinein. Ob sie auf dem erstgenannten Wege in den Tenon'schen Raum gelangen, ist nicht nachgewiesen, aber höchst wahrscheinlich. Ebenso liesse sich denken, dass auch längs den Venae vorticosae ein Auswandern der in der Chorioidea befindlichen Zellen stattfindet.

Dass Pigmentzellen in die Gefässe übergehen, wurde nicht beobachtet; ebenso konnten dieselben an keiner Stelle im Kreislauf nachgewiesen werden.

Von den anderen Geweben des Auges wird die hintere Cornealfäche von Pigment bedeckt, was sich zum Theil in den Endothelzellen daselbst ablagert. Dies Verhalten berechtigt uns, die Lebensdauer dieser Zellen auf mindestens 8 Wochen festzusetzen, da noch nach dieser Zeit eine sehr reichliche Pigmentirung und folglich auch Persistenz der Zellen vorhanden war. Im Parenchym der Hornhaut wurden mit Ausnahme der Stichnarbe und deren unmittelbaren Umgebung keine pigmentirten Stellen gefunden.

Auf der Linsenkapsel lagern sich ähnliche Pigmentmassen wie auf der Hornhaut und Iris auf.

Die Sclera war, bis auf die Zellen längs den Gefässen, frei von Farbstoff; ebenso alle übrigen, nicht beschriebenen Gewebe.

Nach einer Zeit von mehreren Wochen war ein bemerkenswerther Fortschritt in der Resorption nicht mehr wahrzunehmen. Es ist daher wahrscheinlich, dass wenigstens nach Einführung grösserer Mengen ein Theil an Ort und Stelle deponirt bleibt, wie dies auch bei vielen pathologischen Pigmentirungen der Fall ist.

Aus der vorstehenden Uebersicht der Versuchsergebnisse erhellt, dass so interessant an und für sich der Vorgang bei der Aufsaugung gepulverter Fremdkörper aus der vorderen Augenkammer sich herausgestellt hat, wir doch aus seiner Kenntniss in viel geringerem Maasse, als erwartet, Schlüsse auf die Abflusswege des Kammerwassers machen können. Die Ursache liegt hauptsächlich in dem überraschenden Ergebniss, dass die eingeführten Farbstoffkörnchen nicht sofort als

solche oder nach ihrer Aufnahme in Wanderzellen dem Strom des absickernden Kammerwassers folgen können, sondern dass sie, Anfangs von einem Gerinnsel zurückgehalten, erst nach ihrer Ueberwanderung in die Iris und das Ligamentum pectinatum das Augen-Innere zu verlassen im Stande sind. Ist es auch gelungen, pigmenthaltige Zellen bis in die Adventitia der vorderen Scleralgefäße zu verfolgen, so sind wir deshalb doch noch nicht voll berechtigt, perivasculäre Lücken an diesen Gefäßen als directe Abflusswege des Kammerwassers anzusprechen, weil die daselbst gefundenen Zellen vielleicht gar nicht unmittelbar aus dem Kammerwasser, sondern vielmehr aus der Iris oder dem Ciliarkörper dahin gekommen waren. Immerhin deuten aber diese Beobachtungen darauf hin, dass diesem einzigen Wege für den Abfluss des Kammerwassers, welchen die früheren Untersuchungen neben der directen Resorption durch die Blutgefäße als möglicherweise bestehend noch übrig gelassen hatten, vielleicht doch, sei es direct oder indirect, eine gewisse Bedeutung zukommen möge. Zu sicheren Schlüssen werden wir aber dadurch nicht berechtigt, und muss das letzte Wort weiteren Forschungen überlassen bleiben. Von höherer Bedeutung scheinen aber die geschilderten Ergebnisse für die Resorption pathologischer Produkte (Blut, Eiter u. s. w.) aus der vorderen Kammer, und es ist wohl zu erwarten, dass sich hier der Hergang vielfach gleich oder ähnlich gestaltet, besonders, wenn dabei eine Gerinnung in der vorderen Kammer stattgefunden hat. Ueber diesen Gegenstand möchte ich mir noch weitere Untersuchungen vorbehalten.

Göttingen, im September 1877.

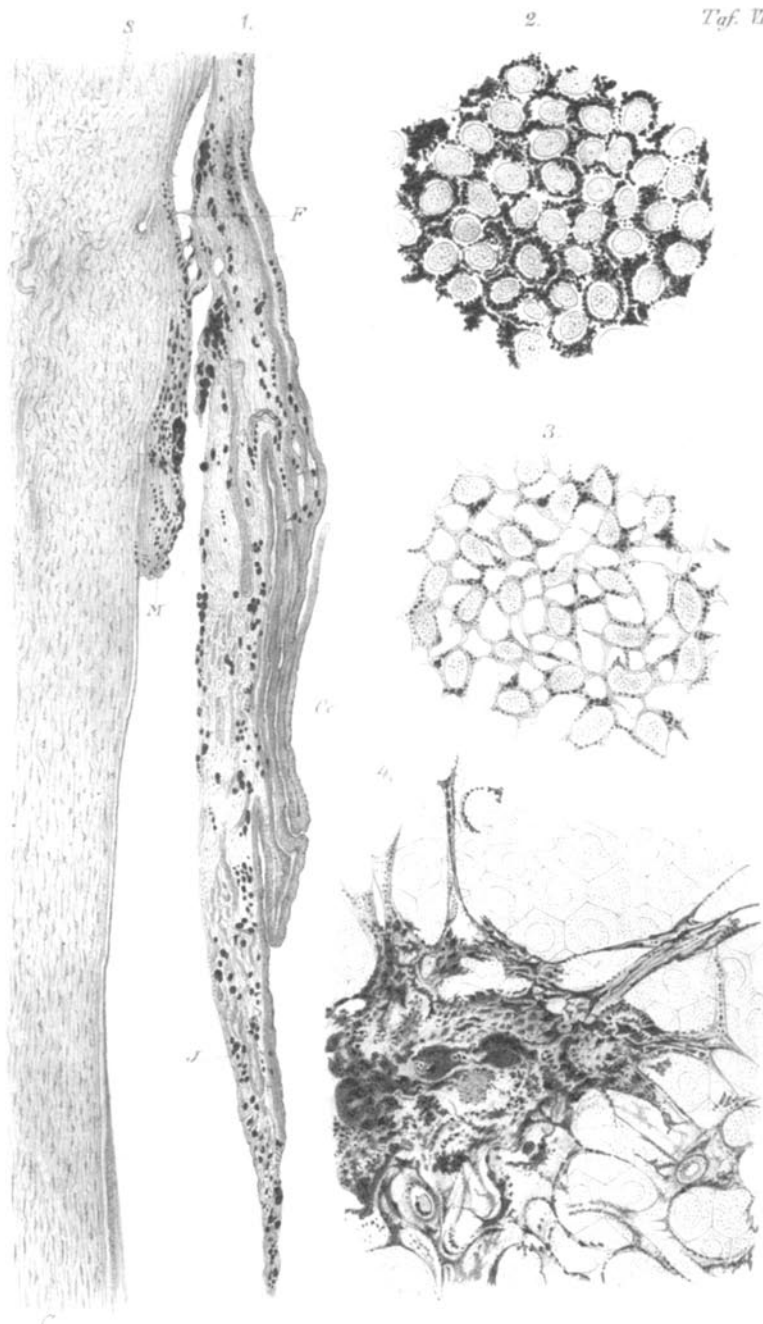
Erklärung der Abbildungen auf Taf. VII.

Fig. 1. Durchschnitt durch den vorderen Theil eines Kaninchen-Auges, 4 Wochen nach Injection von Zinnober in die vordere Kammer. C Cornea, S Sclera, F Fontana'scher Raum, Cc Corpus ciliare, I Iris, M pigmenthaltige Pseudomembran.

Fig. 2. Endothelzellen der Membr. Descemetii vom Kaninchen, mit Tuschekörnchen theilweise infiltrirt, 4 Wochen nach Tusche-Injection in die vordere Kammer.

Fig. 3. Endothelzellen von der Peripherie der Membr. Descemetii vom Kaninchen, von sternförmiger Gestalt; die Tuschekörnchen liegen überall im Protoplasma der Zellen, in der Umgebung der Kerne oder in deren Fortsätzen, nicht in den Zwischenräumen. (24 Stunden nach Tusche-Injection in die vordere Kammer.)

Fig. 4. Tuschehaltige Auflagerung auf die hintere Hornhautwand, die Endothelzellen der Membr. Descemetii überdeckend, mit strahligen, aus stark verlängerten, pigmenthaltigen Zellen gebildeten Ausläufern, von demselben Versuch wie Fig. 2.



Salvia Del.

Alle Schätze der