(Aus der Universitäts-Augenklinik zu Innsbruck.)

Über die Entwicklung des Sehnerveneintritts beim Menschen, zugleich ein Beitrag zur Frage der Faltenbildungen in der embryonalen Netzhaut.

Von

Prof. R. Seefelder, Innsbruck.

Mit 13 Textabbildungen.

Auf der letzten Tagung der deutschen ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg hat von Szily in einem interessanten und von zahlreichen schönen Abbildungen begleiteten Vortrage über die Entwicklung der Papilla nervi optici einige Unklarheiten, die in bezug auf die Entwicklung dieses wichtigen Augenabschnittes noch bestanden, wohl restlos beseitigt. Die von ihm zu den Abbildungen gegebenen Erläuterungen mußten aber mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Zeit so knapp gehalten werden, daß es selbst dem in entwicklungsgeschichtlichen Dingen einigermaßen Bewanderten schwer fallen mußte, ihnen zu folgen und das Neue von dem bereits Bekannten zu scheiden. Die v. Szily'schen Befunde gründeten sich außerdem fast ausschließlich auf die Untersuchung tierischer Embryonen, von denen ja bekannt war, daß sich bei ihnen die Entwicklung der betreffenden Verhältnisse, wenn auch nicht grundsätzlich, so doch formell von der des Menschen erheblich unterscheidet. Ich habe deshalb schon in Heidelberg den Entschluß gefaßt, mein verhältnismäßig großes Material von menschlichen Embryonen nach einer langjährigen, durch die Verhältnisse erzwungenen Unterbrechung meiner entwicklungsgeschichtlichen Forschungen mit Bezug auf diese Fragen einer erneuten Bearbeitung zu unterziehen. Ich habe dann lange überlegt, ob ich erst die ausführliche Veröffentlichung der v. Szily'schen Ergebnisse abwarten oder sofort ans Werk gehen und evtl. meine Ergebnisse unabhängig von ihnen veröffentlichen solle. Wenn ich mich schließlich zu letzterem entschlossen habe, so geschah es deswegen, weil es mir zunächst reizvoller erschien, festzustellen, zu welchen Resultaten ich ohne die genauere Kenntnis der v. Szily'schen Befunde kommen werde, und weil schließlich die Bearbeitung meines

¹⁾ Eingereicht im April 1921.

Materials ein so abgeschlossenes Ergebnis gezeitigt hat, daß es ein durchaus abgerundetes Ganzes bildet.

Von Szily verdankt seine neuen Befunde vor allem dem Umstande, daß er sich der Mühe unterzogen hat, den Sehnerveneintritt verschiedener Säugetiere in den verschiedensten Entwicklungsstadien nach dem bekannten Bornschen Plattenverfahren zu modellieren. Dieses Verfahren ist zweifellos allein geeignet, die verwickelten Entwicklungsvorgänge in dieser Gegend völlig aufzuklären. Ich habe mich deshalb ebenfalls zu diesem Vorgehen, dem früher aus äußeren Gründen wesentliche Schwierigkeiten entgegenstanden, entschlossen, was mir um so leichter gefallen ist, als ich hiebei von dem Vorstande des hiesigen histologischen und embryologischen Instituts, Herrn Kollegen v. Schumacher, das weitgehendste Entgegenkommen und die denkbar sachgemäßeste Anleitung und Unterstützung gefunden habe.

Ich habe von meinen Embryonen folgende Entwicklungsstadien modelliert: je einen Embryo von 9 mm, 9,2 mm, 12,7 mm, 13 mm, 14,5 mm und 19 mm größter Länge.

Die meisten dieser Embryonen sind bereits in meinen früheren Arbeiten verwertet worden. Ihr ausgezeichneter Konservierungszustand dürfte deshalb bekannt sein. Jüngere Stadien sind schon von anderer Seite (Hochstetter, Gasser und vielen anderen) modelliert worden und bieten mit Rücksicht auf die vorliegende Frage nichts Bemerkenswertes. Auch Zwischenstadien, die ich zum Teil selbst besitze, teils in Schnittserien in der bekannten reichen Sammlung des Hochstetterschen anatomischen Instituts in Wien eingehend studieren konnte, würden nichts Neues bringen. Ich glaubte, es deshalb bei der Modellierung der obengenannten Embryonen bewenden lassen zu können.

Als das Wesentlichste der v. Szilyschen neuen Ergebnisse glaube ich in diesem Zusammenhange den von ihm eingeführten Begriff des sog. **Schaltstückes** hervorheben zu müssen, das den embryonalen Sehnerven mit der Netzhaut verbindet und das nach v. Szily allein ermöglicht, daß sämtliche Nervenfasern auf dem kürzesten und sozusagen natürlichsten Wege vom Auge zum Gehirn gelangen. Um Mißverständnissen vorzubeugen, möchte ich hierzu gleich von vorneherein bemerken, daß eine solche Verbindung selbstverständlich von jeher vorhanden ist. Ein kurzer Blick auf die zahlreichen Abbildungen embryonaler Augen in den verschiedensten bekannten Darstellungen der Entwicklung des Auges genügt ja, um ohne weiteres zu zeigen, daß der ventrale Abschnitt der Netzhaut schon gleich nach der Entwicklung der fötalen Augenspalte unmittelbar in die ventrale Sehnervenwand übergeht. v. Szilys Verdienst besteht jedoch darin, von neuem und zum erstenmal in besonders eindringlicher Form darauf hingewiesen zu haben, daß hierbei die Einstülpung der primären Augenblase zum

Augenbecher bzw. die Bildung der sog. fötalen Augenspalte eine hervorragende Rolle spielt, da nur dadurch das obengenannte Ziel der kürzesten und bequemsten Verbindung zwischen Netzhaut und Sehnerv erreicht wird.

Die fötale Augenspalte schließt sich nun bekanntlich fast unmittelbar nach ihrer Entstehung zuerst in den mittleren Abschnitten des Augenbeckers, und bleibt nur noch an ihrem vorderen (distalen) Ende, dem Becherrande, und an ihrem hinteren (proximalen) Ende, der Eintrittsstelle der Arteria hyaloidea, die in jener Zeit ein mächtiges Gefäß darstellt, etwas längere Zeit geöffnet. Sie geht an ihrem hinteren Ende ohne scharfe Abgrenzung in die Sehnervenspalte über, die ebenfalls von beträchtlicher Tiefe ist und von der Arteria hyaloidea vollständig ausgefüllt wird.

Kurz nach der Bildung des Augenbeckers hat sich das innere Netzhautblatt dem äußeren, dem Pigmentepithel, so sehr genähert, daß beide stellenweise aneinanderstoßen oder nur durch einen ganz schmalen Spalt voneinander getrennt sind. Der Sehnervestiel ist in diesen Stadien (bei Embryonen von 8 bis 10 mm Länge) an seiner dorsalen Seite haarscharf von dem Pigmentepithel abgesetzt, während man ventral keine scharfe Grenze ziehen kann, da hier die Netzhaut ganz allmählich in die eingestülpte Sehnervenspalte übergeht und sich in bezug auf ihre Struktur von der letzteren kaum merklich unterscheidet. Infolgedessen kann es vorkommen, daß man in dem dorsalen Anteil von Sagittalschnitten dieser Stadien Pigmentepithel vorfindet, während man über die Zugehörigkeit des ventralen Abschnittes, ob zur Netzhaut oder zum Sehnerven, im Zweifel sein kann. Ja, es ist sicher, daß schon in relativ jungen Stadien, z. B. bei 9 mm langen Embryonen, auch bei rein sagittaler bzw. äquatorialer Schnittführung in einzelnen Schnitten dorsal das Pigmentepithel getroffen ist, während der ventrale Abschnitt bereits dem Sehnerven zuzurechnen ist. Der ventrale Abschnitt des Sehnerven erstreckt sich eben schon von Anfang an etwas weiter augenblasenwärts als der dorsale und er wird bei der Einstülpung an seinem vorderen Ende geradezu etwas gegen die Augenblase vorgestülpt. Dies ist in besonders hohem Grade beim Kaninchen der Fall, worauf schon Rabl [1917¹⁾] hingewiesen hat. Im folgenden wird sich zeigen, daß darin die erste Anlage des sog. Schaltstückes zu erblicken ist.

Im weiteren Entwicklungsverlaufe schließt sich dann die fötale Augenspalte im Bereiche des ganzen Augenbeckers und es erfolgt eine Trennung der beiden Blätter im Bereiche der ganzen Verschlußstelle. Wie sich dieser Verschluß und die Trennung vollziehen, habe ich in verschiedenen Arbeiten, namentlich aber in meinen Beiträgen zur

¹⁾ Rabl, Über die bilaterale oder nasotemporale Symmetrie des Wirbeltierauges. Arch. f. mikr. Anat. 90, 261.

Entwicklung des menschlichen Auges im 48. Bande der anatomischen Hefte (1913) eingehend dargestellt. Ich muß mich der Raum- und Kostenersparnis halber darauf beschränken, auf diese Arbeit und die zahlreichen dort gegebenen Abbildungen zu verweisen.

Dadurch nun, daß sich dieser Schließungs- und Trennungsvorgang nicht ausschließlich auf die Netzhaut, sondern auch auf das in den Augenbecher eingestülpte und von Pigmentepithel umgebene ventrale Blatt des Sehnerven erstreckt, kommt gar bald das in eine Röhre umgewandelte retinale Ende des Sehnerven inmitten des Pigmentepithels zu liegen.

Für das weitere Verständnis der Sehnervenentwicklung ist nun von größter Wichtigkeit, daß dieser primäre Verschluß der Sehnervenspalte sich nicht bloß auf das ventrale Blatt des Sehnerven im Bereiche des Pigmentepithels beschränkt, sondern daß er auch noch eine kurze Strecke weiter proximal auf das dorsale (äußere) Blatt des Sehnerven selbst übergreift, und zwar erfolgt er dort in genau der gleichen Weise wie im Bereiche des Augenbechers, nämlich durch ein Entgegenwachsen der Spaltränder bis zur Berührung und durch eine Verschmelzung und Verwachsung an der Berührungsstelle¹⁾. Der einzige Unterschied besteht lediglich darin, daß beim Sehnerven die Trennung in beide Blätter an der Verschmelzungsstelle aus guten Gründen unterbleibt, da bei der Sehnervenentwicklung die ganze Tendenz von Anfang an auf eine Konsolidierung des ursprünglich hohlen Stieles gerichtet ist, und dieser Vorgang durch eine nachträgliche Trennung der bereits vereinigten Blätter nur eine ganz zwecklose Verzögerung erfahren würde. In dieser Hinsicht verhält sich also der Sehnerv grundsätzlich anders als der Augenbecher.

Der beschriebene Spaltenschluß am distalen Ende des Sehnerven erfolgt nach meinen Beobachtungen bei Embryonen von etwa 11 bis 13 mm Länge, wobei in bezug auf die Ausdehnung der Verschlußstelle beträchtliche individuelle Verschiedenheiten vorzukommen scheinen. So finde ich sie z. B. bei einem 13 mm langen Embryo wesentlich größer als bei einem 14,5 mm langen Embryo. Sie erstreckt sich bei ersterem über 7 Schnitte, bei letzterem dagegen nur über 4 bei gleicher Schnittdicke. (Sagittalschnitte). Naturgemäß kommt derartigen Unterschieden keine grundsätzliche Bedeutung zu.

Es versteht sich nun von selbst, daß durch den Verschluß der Sehnervenspalte die Arteria hyaloidea inmitten des Sehnerven zu liegen kommt. Sie füllt dabei den von dem Sehnerven umschlossenen Raum vollständig aus, während weiter hinten die Sehnervenspalte noch weit

¹⁾ Ich berichtige damit meine etwas anders lautenden früheren Angaben (1910), die nur noch für die weiter rückwärts gelegenen Abschnitte der Sehnervenspalte Gültigkeit besitzen.

klafft und nach wie vor von der Arteria hyaloidea eingenommen wird. Es finden sich also in diesen Stadien, was den Spaltenschluß betrifft, im Bereiche des Sehnerven die gleichen Verhältnisse wie vordem im Bereiche des Augenbechers. Da sie sich besonders schön an Sagittalschnitten zur Anschauung bringen lassen, habe ich davon im folgenden einige abgebildet.

Bevor ich jedoch auf die Besprechung dieser Abbildungen eingehe, muß ich noch die Tatsache hervorheben, daß ungefähr gleichzeitig mit den geschilderten Vorgängen des Spaltenschlusses am distalen Sehnervenende der zunächst auf einen schmalen Spalt beschränkte Raum zwischen Netzhaut und Pigmentepithel, der sog. Sehventrikel, allmählich und zwar offenbar infolge eines ungleichen Wachstums der beiden Blätter eine beträchtliche Verbreiterung erfährt. Daraus ergibt sich für den Sehnerven die unbedingte Notwendigkeit, den betreffenden

Abb. 1. (Vergr. 90fach.)

Abb. 2. (Vergr. 90fach.)

Raum durch ein entsprechendes Längenwachstum zu überbrücken, um seinen Anschluß an die Netzhaut aufrechtzuerhalten. Das durch den Sehventrikel verlaufende Stück des Sehnerven erreicht dadurch eine ganz ansehnliche Länge, und es ist dadurch namentlich im Modell in der Tat geeignet, den Eindruck eines Schalt- bzw. Verbindungsstückes zwischen Netzhaut und Sehnerven zu erwecken.

Nach diesen Ausführungen dürften, glaube ich, dem Verständnis der nunmehr folgenden Abbildungen, die sämtliche in liebenswürdigster Weise von Herrn Kollegen v. Schumacher gezeichnet sind, keine besonderen Schwierigkeiten im Wege stehen. Sämtliche mikroskopischen Abbildungen stammen von Sagittalschnitten, die bekanntlich infolge der fast rein seitlichen Augenstellung bei jungen Embryonen parallel zum Äquator bulbi verlaufen.

Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch das hintere Ende der Augenanlage eines 12,7 mm langen Embryos. Es ist dies der jüngste meiner Embryonen, bei dem man bereits von einem deutlich ausgebildeten Schaltstück reden kann. In dem abgebildeten Schnitte besitzt das innere Blatt die Struktur embryonaler Netzhaut und zwar dürfte die betreffende Stelle dem flächenhaft getroffenen hinteren Pol der

Netzhaut entsprechen. Inmitten des von der Netzhaut gebildeten Ringes verläuft die Arteria hyaloidea, die den ihr gelassenen Raum vollständig ausfüllt. Der äußere, ebenfalls geschlossene Ring in der Abbildung wird vom Pigmentepithel gebildet. Beide Blätter sind durch einen ziemlich großen Spalt voneinander getrennt.

Der in Abb. 2 abgebildete Schnitt liegt nur 5 Schnitte weiter rückwärts. Er zeigt wesentlich veränderte Verhältnisse. So entspricht die Struktur des inneren Blattes, wie ein Vergleich mit der nächsten Abbildung ergibt, bereits vollkommen der ventralen Sehnervenhaut. Dagegen wird der äußere Ring der Abbildung nach wie vor vom Pigmentepithel gebildet, dessen Spalte auch hier geschlossen ist. Der innere, nach unten konisch verjüngte Ring steht noch mit dem äußeren vermittels einiger Zellen in Verbindung. Das beweist, daß der Verschluß der Spalte an dieser Stelle erst vor ganz kurzer Zeit erfolgt sein kann, da die Aufhebung der Verbindung zwischen beiden Blättern an dieser Stelle nur die Frage einer kurzen Spanne Zeit sein kann. Es beweist aber auch, daß der Verschluß an dieser Stelle genau so vor sich gegangen ist wie im Bereiche der anderen Abschnitte der Augenspalte.

Abb. 3. (Vergr. 90fach.)

5 Schnitte weiter rückwärts befinden wir uns ausschließlich im Bereich des Sehnervens. Die Sehnervenspalte ist hier noch vollkommen geöffnet. Im übrigen stimmt die Struktur des Sehnervenquerschnittes vollkommen mit der Abb. 3 überein, nur ist das äußere Blatt, von einzelnen Pigmentkörnchen abgesehen, frei von Pigment.

In Abb. 4 sehen wir die Augenanlage der anderen Seite des gleichen Embryos im Horizontalschnitt. Die Ausdehnung und Lage des sog. Schaltstückes sowie die übrigen Verhältnisse des Augenbeckers und Sehnervens sind an ihr ohne weiteres zu ersehen und durch die Bezeichnungen hinreichend erläutert.

Abb. 4. (Vergr. 90fach.) S = Schaltstück; p = Anlage der Papilla nervi optici.

Noch weit faßlicher werden die ganzen Verhältnisse bei der Betrachtung der Modellzeichnungen des gleichen Embryos. Da es mir

in dieser Arbeit vorzugsweise auf die Verhältnisse am okularen Sehnerveneinde ankam, habe ich nur den hinteren Teil des Augenbeckers und den unmittelbar anschließenden Teil des Sehnervens modelliert.

Abb. 5 zeigt diese Abschnitte in der Ansicht schräg von vorne und oben. Das äußere Blatt des Augenbeckers und des Sehnervens sind entfernt.

Abb. 6 zeigt das gleiche Modell in der Ansicht von hinten und unten. Der kurze und durch eine leichte Einschnürung von der Umgebung sich abhebende Abschnitt des Sehnerven in Abb. 5 entspricht dem sog. Schaltstücke, das allerdings noch sehr kurz ist.

Es hat jedoch schon bei einem nur wenig älteren Embryo von 13 mm größter Länge eine wesentlich größere Ausdehnung erreicht. Auch dieser Embryo, den ich in meinen bisherigen Arbeiten noch nicht verwerten konnte, ist ausgezeichnet erhalten. In bezug auf die Entwicklung der äußeren Körperform steht er

Abb. 5. (Vergr. 60 fach.)

Abb. 6. (Vergr. 60 fach.)

Abb. 7. (Vergr. 90 fach.)

zwischen den in dem Atlas von Bach und Seefelder, Tafel 24, abgebildeten Embryonen von 12,5 und 14,5 mm größter Länge. In bezug auf die Augenentwicklung steht er dem 14,5 mm langen Embryo wesentlich näher als dem

Abb. 8. (Vergr. 90 fach.)

Abb. 9. (Vergr. 90 fach.)

12,7 mm langen Embryo. Ich habe, wie gesagt, auch diesen Embryo modelliert, beschränke mich aber auf die Wiedergabe von einigen mikroskopischen Schnitten, da das Modell mit dem im folgenden abgebildeten Modell des 14,5 mm langen Embryos weitgehend übereinstimmt. Auch die von diesem Embryo abgebildeten Schnitte dürften nach dem bisher Gesagten ohne weiteres verständlich sein.

Abb. 7 zeigt einen Schnitt, in dem das sog. Schaltstück völlig frei durch den nunmehr beträchtlich erweiterten Sehventrikel verläuft.

In Abb. 8, die eine 7 Schnitte weiter rückwärts gelegene Stelle wiedergibt, steht das Schaltstück noch durch einige Zellen mit dem Pigmentepithel in Verbindung.

In Abb. 9 gehört auch bereits das äußere Blatt dem Sehnerven an. An ihr sehen wir, daß der Verschuß der Sehnervenspalte sich auch schon im Bereiche des äußeren Blattes vollzogen hat und zwar in ganz ähnlicher Weise wie im Bereiche des Augenbechers. Eine Trennung in ein äußeres und ein inneres Blatt hat jedoch an der Verschmelzungsstelle nicht stattgefunden und würde nach meinen Beobachtungen an älteren Embryonen aus den obenangeführten Gründen auch nicht mehr stattgefunden haben.

Der Schluß der Spalte am distalen Sehnervenende ist hier in ziemlich großer Ausdehnung erfolgt. Er erstreckt sich, wie bereits gesagt, in der Sagittalschnittserie über 7 Schnitte. Diese große Ausdehnung kommt namentlich in der Rekonstruktion sehr stark zur Geltung. Weiter hinten verhält sich der Sehnerv genau so wie bei dem 12,7 und 14,5 mm langen Embryo (vgl. Abb. 3).

Der nächste, 14,5 mm lange Embryo zeigt durchaus übereinstimmende Verhältnisse. Ich sehe deshalb von der Abbildung von Schnittpräparaten ab. Solche finden sich sowohl von Quer- als Längsschnitten in dem Atlas von Bach und Seefelder auf Tafel 39 und 42. Ganz

Abb. 10. (Vergr. 60fach.)

Abb. 11. (Vergr. 60fach.)

besonders schön offenbart sich die Ausdehnung des sog. Schaltstückes in der Abb. 3 Tafel 42 des genannten Atlas, auf die ich hiermit verweise. Dagegen bringe ich von diesem Embryo zwei Modellzeichnungen und zwar ebenfalls in der Ansicht von vorne oben und hinten unten zur Abbildung.

In Abb. 10 ist, wie leicht ersichtlich, der dorsale Anteil des Pigmentepithels mit der anschließenden Wand des Sehnervs weggenommen. Der Verlauf und die Ausdehnung des sog. Schaltstückes sind in dieser Abb. mit größter Deutlichkeit zu sehen. Die ganzen Verhältnisse erscheinen mir so klar, daß ich sogar auf die Anbringung jeglicher Bezeichnungen verzichten zu können glaubte. Das gleiche dürfte für die Abb. 11 gelten, die in erster Linie über die Ausdehnung des primären Verschlusses der Sehnervenspalte am distalen Sehnervenende unterrichten soll. Sie ist aber auch namentlich in Verbindung mit Abb. 10 geeignet, die Vorstellung von dem Übergang des Pigmentepithels in das äußere Blatt des Sehnervs und von der Verlagerung des inneren Blattes inmitten des Sehnervs und von seiner Fortsetzung in den Sehventrikel hinein wesentlich zu erleichtern.

Die zuletzt besprochenen Embryonen dürften wohl den Stadien entsprechen, bei denen die Länge des sog. Schaltstückes am beträchtlichsten ist. Von da ab nimmt dann die Ausdehnung des Sehventrikels

und damit auch die des Schaltstückes allmählich ab. Hand in Hand geht damit die allmähliche Durchwachsung des Sehnerven durch Nervenfasern, die zunächst auf das innere Blatt des Sehnerven beschränkt bleibt und erst später auch auf das äußere Blatt übergreift. Dabei verstreicht auch der Hohlraum des embryonalen Sehnerven. Dies geschieht bei Embryonen von etwa 17 bis 19 mm größter Länge in der Weise, wie ich sie bereits früher geschildert habe. Bei diesen Stadien ist nur noch am distalen und proximalen Sehnervendenende ein Rest des ursprünglichen Stiellumens vorhanden. Abbildungen davon finden sich auf den Tafeln 40 und 41 des Atlas von Bach und Seefelder sowie in

meinen Beiträgen zur Histogenese der Netzhaut und des Sehnerven. (Dieses Archiv, 73. S. 500 u. 504.)

Abb. 12. (Vergr. 60fach.)

Über die Form und Ausdehnung des sog. Schaltstückes bei einem 19 mm langen Embryo gibt Abb. 12 Aufschluß, die den mittleren Abschnitt der Augenanlage in der Ansicht von oben wiedergibt. Das Schaltstück ist hier nur noch ganz kurz, wenn auch noch ganz deutlich ausgeprägt. Auch bei älteren Stadien ist häufig noch an dieser Stelle und in noch größerer Ausdehnung ein Spaltraum zwischen Netzhaut und Pigmentepithel nachzuweisen, jedoch hält es oft schwer, zu entscheiden, ob es sich hierbei tatsächlich um einen Rest des Sehventrikels oder um eine künstliche Trennung der beiden Blätter durch den Einfluß der

Fixierungs- und Härtingsflüssigkeiten handelt. Bekanntlich werden ja solche Spalträume durch die gleichen Einflüsse auch in ausgewachsenen Augen geschaffen.

Von den zahlreichen bisher gegebenen Abbildungen ist die letzte die einzige, bei der auch die Stelle des Sehnerveneintritts, die sog. Sehnervpapille, wenigstens teilweise zu sehen ist. Ihre Lage kennzeichnet sich im Modell durch eine deutliche trichterförmige Vertiefung, die infolge des Weglassens der Arteria hyaloidea noch auffälliger erscheint und eigentlich der Anlage der physiologischen Exkavation entspricht. Die trichterförmige Vertiefung beginnt naturgemäß im Bereiche der Netzhautinnenfläche und geht dann in den Kanal über, der von dem Schaltstück bzw. dem distalen Ende des Sehnerven gebildet und von der Arteria hyaloidea ausgefüllt wird. Die Ränder der trichterförmigen Vertiefung entsprechen den Papillen-

rändern, die aber in diesem Stadium noch nicht papillenförmig aufgeworfen sind, weil die Entwicklung der Nervenfasern in der Netzhaut noch nicht so weit vorgeschritten ist, daß sie an der Übergangsstelle in den Sehnerven die bekannte wallartige Verdickung bilden.

Bei jüngeren Stadien, bei denen die Nervenfaserbildung in der Netzhaut eben erst ansetzt, kann natürlich noch viel weniger von einer Sehnervenpapille gesprochen werden, doch ist die Lage der späteren Papillenränder in Horizontalschnitten infolge der winkeligen Knickung am Übergang der Netzhaut in den Sehnerven schon bei verhältnismäßig jungen Stadien mit ziemlicher Genauigkeit festzustellen. Ich verweise in dieser Hinsicht auf Abb. 4, die zugleich auch zeigt, daß der auf die Papilla nervi optici entfallende Anteil der Augenanlage in jenem Stadium im Verhältnis zu der Größe der gesamten Augenanlage beträchtlicher ist als bei älteren Stadien. Trotzdem ist mir die Angabe in v. Szily's Selbstbericht, daß die Anlage der Papilla nervi optici bei jungen Stadien nahezu die ganze Augenanlage ausmache, nicht ganz verständlich und sie wird es mir auch nicht, wenn ich noch jüngere Stadien, z. B. Embryonen von 6 bis 9 mm Länge zum Vergleiche heranziehe. Bei solchen ist es allerdings schwierig, ja unmöglich, die Gebiete, die zur Netzhaut und späteren Sehnervenpapille gehören, genau voneinander abzugrenzen, aber schon in wenig älteren Stadien, die doch auch noch als jung anzusprechen sind, gelingt es bereits mit großer Sicherheit, weil bei ihnen in der Nähe des Sehnerveneintrittes schon die Differenzierung der Ganglienzellenschicht einsetzt, und man von diesen Abschnitten mit Bestimmtheit sagen kann, daß sie nicht in die Sehnervenpapille mitbezogen werden. Zieht man aber die dadurch gegebenen Grenzen, so bildet das, was zur Sehnervenpapille gerechnet werden muß, doch nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Augenanlage.

v. Szily hat in seinem Vortrag auch mit Recht darauf hingewiesen, daß die Bereicherung unserer Kenntnisse von der Entwicklung des Sehnerveneintrittes auch von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis der Anomalien und Mißbildungen dieser Gegend sei. Ich stimme ihm darin vollkommen bei, möchte aber, um ihm nicht vorzugreifen, oder um nicht von ihm bereits Gesagtes zu wiederholen, auf diese Frage heute nicht weiter eingehen. Ich begnüge mich vielmehr mit dem Hinweis darauf, daß sich trotz der Erweiterung unserer Kenntnisse in dieser Hinsicht m. E. nichts Grundsätzliches geändert hat, da die bisher gültige Ansicht, daß die typischen Kolobome des Sehnerveneintrittes ebenso wie die übrigen typischen Kolobome durch das Offenbleiben der Augen bzw. der Sehnervenspalte entstehen, auch weiterhin zu Recht besteht. Das gleiche gilt auch für die bekannten kolobomartigen Veränderungen am Sehnerveneintritt, die Faltenbildungen und taschenförmigen Einstülpungen von Netzhautgewebe in

den Sehnerven, für die Kolobomeysten am Sehnerveneintritt usw. Ich verkenne aber nicht, daß das Verständnis der formalen Genese dieser Veränderungen durch die genauere Kenntnis der normalen Entwicklung dieser Gegend wesentlich gefördert worden ist.

Die Abb. 12 sowie die das gleiche Modell in der Ansicht von unten zeigende Abb. 13 geben mir endlich noch Veranlassung, auf eine in ihnen sehr auffällige Veränderung einzugehen, die in einer sehr beträchtlichen Faltenbildung der Netzhaut besteht. Die Falte beginnt, wie die Abb. 12 zeigt, gleich am Sehnerven und erstreckt sich von da weit nach vorne bis über den Äquator bulbi hinaus. Ihre Lage entspricht der ehemaligen Verlaufsrichtung der fötalen Augenspalte. Sie findet

Abb. 13. (Vergr. 60fach.)

sich nicht bloß bei diesem Embryo, sondern bei allen meinen ungefähr gleichaltrigen Embryonen. Der Umstand also, daß sie eine regelmäßige und stets am gleichen Ort befindliche Veränderung darstellt, sowie daß es sich dabei um ganz lebensfrisch fixierte Objekte handelt, würden schon allein als Beweis dafür genügen, daß sie, woran ja in erster Linie zu denken wäre, kein Kunstprodukt und vor allem keine kadaveröse Veränderung ist. Die Tatsache, daß ihre Lage mit der Verlaufsrichtung der ehemaligen fötalen Augenspalte zusammenfällt, weist ferner darauf hin, daß sie

mit dieser Spalte in einem engen ursächlichen Zusammenhange steht. Dieser Zusammenhang ist nun allerdings bei verschiedenen Säugetieren noch wesentlich offenkundiger als beim Menschen. So findet sich namentlich beim Schwein schon vor der Verschmelzung der Ränder der Becherspalte eine sehr ausgesprochene Aufstauchung der Netzhaut, die nach der Vereinigung der Ränder und ihrer Trennung in beide Blätter ohne weiteres als eine gegen den Glaskörperraum vorspringende Netzhautfalte bestehen bleibt. Der Mensch verhält sich in dieser Hinsicht allerdings insofern etwas anders, als bei ihm diese Aufstauchung des inneren Blattes vor dem Verschlusse nicht besteht, und als auch nach dem Verschlusse und der Trennung zunächst beide Blätter jede Faltung vermissen lassen. Erst nach einiger Zeit, und zwar offenbar infolge einer über den Verschluß hinaus anhaltenden erhöhten Wachs-

tumstendenz dieses als Wachstumszentrum bekannten Netzhautabschnittes kommt es bei ihm zu der in einem bestimmten Stadium, vor allem bei 17 bis 20 mm langen Embryonen sehr auffälligen Faltenbildung der Netzhaut. Kurz vorher spielen sich ganz übereinstimmende Wachstumsvorgänge an dem dorsalen Abschnitt der Augenanlage an einer fast genau gegenüberliegenden Stelle ab. So kommt es auch hier zu einer sehr ausgesprochenen Faltenbildung der Netzhaut, die ich zum erstenmal sehr deutlich bei dem mehrfach erwähnten 14,5 mm langen Embryo gefunden habe, während bei dem 12,7 mm langen erst eine Abschrägung der Netzhaut an der gleichen Stelle ohne eigentliche Faltenbildung und bei meinen jüngeren Stadien noch gar kein Anzeichen einer Faltenbildung nachweisbar ist. Diese Faltenbildungen lassen sich ganz ausgezeichnet an Sagittalschnitten studieren, an denen ja die leiseste Abweichung der Netzhautform von der zunächst ganz regelmäßigen Kreisbogenlinie ohne weiteres in die Augen springt. Ich habe sie in verschiedenen Stadien in meinen Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges (Anatomische Hefte 48, Bd. 1913) abgebildet.

Faltenbildungen der embryonalen Netzhaut sind bekanntlich schon wiederholt und von alters her (Köl liker, Minot, Krischewsky, Lange, Castaldi u. a.) als normale Erscheinungen geschrieben worden. Meist hat es sich aber bei ihnen um kadaveröse Veränderungen gehandelt.

Eine wirklich sachgemäße und erschöpfende Darstellung der Faltenbildungen ist dagegen erst in der jüngsten Zeit und zwar durch C. Rabl geliefert worden, der nachgewiesen hat, daß sie in der ganzen von ihm untersuchten Wirbeltierreihe eine regelmäßige Erscheinung darstellen. Die Bedeutung dieser Faltenbildungen ist aber von ihm, wie bereits v. Szily dargetan hat, stark überschätzt worden. Es handelt sich bei ihnen doch wohl lediglich um den Ausdruck von zeitlichen und örtlichen Wachstumsungleichheiten, die im Laufe der Entwicklung wieder völlig ausgeglichen werden, und die für die spätere Funktion des Sehorgans vollkommen bedeutungslos sind.

Auf die teratologische Seite der ganzen Frage ist Rabl nicht eingegangen, sie ist aber für uns Ophthalmologen von großem Interesse, da der Nachweis von normalen Faltenbildungen in embryonalen Augen für das Verständnis von manchen bisher rätselhaften Faltenbildungen in mißgebildeten Augen von großer Bedeutung ist. Denn wir brauchen uns nur vorzustellen, daß sich diese Falten ausnahmsweise nicht zurückbilden, oder daß die von Rabl auf Grund ihrer früheren Entstehung als primär bezeichnete dorsale Falte infolge eines exzessiven Wachstums und vielleicht in Verbindung mit einer abnormen Kleinheit der Augen (Mikrophthalmus) so weit gegen das Augeninnere vorspringt, daß sie mit dem Gefäßsystem der Arteria hyaloidea, ja

unter Umständen mit dem die fötale Augenspalte ausfüllenden mesodermalen Gewebe in bleibende Verbindung tritt, um die Erklärung für manche Mißbildungen in der Hand zu haben, die bereits als Bulbus septatus [Salfner¹⁾] und als sagittales, retinales Septum [Fleischer²⁾] beschrieben worden sind.

¹⁾ Salfner, Bulbus septatus. Arch. f. Ophthalmol. **54**, 552. 1903.

²⁾ Fleischer, Beiträge zur pathol. Anat. und Pathol. des Mikrophthalmus und Koloboms. Arch. f. Ophthalmol. **68**, 427. 1908.