

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XVIII. Jahrgang 1888.



München

Verlag der K. Akademie
1889.

In Commission bei G. Franz.

Zur Entwicklung der häutigen Bogengänge des inneren Ohres.

Von N. Rüdinger.

(Mit Taf. VI.)

(Eingelaufen 30. Desember.)

Bei der Bildung des häutigen Labyrinthes verdienen zwei wesentlich verschiedene Vorgänge eine besondere Beachtung. Der eine dieser Vorgänge besteht darin, dass sich an dem vergrößernden abgeschnürten Gehörbläschen durch „Faltenbildungen“ nach dessen Binnenraume eine Theilung in zwei Säckchen vollzieht; während der andere Vorgang eine „epitheliale Knospung oder Sprossung“, ein nach der Aussenseite des Labyrinthbläschens hin stattfindendes Auswachsen der Epithelwand darstellt. Der Ductus endolymphaticus sowohl, als auch die Schnecke treten in ihren ersten Anlagen auch als epitheliale Röhren auf, welche von dem Säckchen ausgehen, bevor eine Trennung desselben vollzogen ist. Für diese beiden Gebilde, für den Endolymphgang und die Schnecke, liegen aus älterer und neuerer Zeit eine Anzahl von Beobachtungen vor, welche über die einzelnen Entwicklungsphasen derselben keine Zweifel bestehen lassen.

Obschon man auch den Bildungsvorgängen an den drei häutigen Bogengängen des Labyrinthes, welche, wie schon Kölliker¹⁾ sagt, schwer zu beobachten sind, eingehende Aufmerksamkeit zugewendet hat, ist man bis zur Zeit über

1) Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Thiere, S. 743.

die ersten Angaben Rathkes¹⁾ nicht wesentlich hinausgekommen. Rathke sagt in seiner klassischen Monographie, dass „jeder (häutige) Bogengang entsteht, indem der häutige Vorhof an einer Stelle eine mit der Convexität nach aussen gekehrte Falte schlägt, und hierauf die beiden Blätter der Falte an ihrer Basis einander näher kommen und verwachsen und der neu entstandene Gang in seiner Mitte von der Stelle, wo er entstand, getrennt, also von dem Vorhofe gleichsam abgespalten wird.

Diese Darstellung Rathkes entspricht keineswegs dem Entwicklungsvorgang, der sich bei der Bildung der häutigen Bogengänge thatsächlich vollzieht und doch blieb dieselbe die fundamentale Unterlage selbst für die hervorragendsten Embryologen bis in die allerneueste Zeit hinein. Ich will hier nicht näher eingehen auf die Mittheilungen von Valentin, Bischoff, Reichert u. A., sondern nur die beiden Autoren hervorheben, welche der Entwicklung des häutigen Labyrinthes eingehende Aufmerksamkeit zugewendet haben und ihre Angaben auf eigene Beobachtung gründen; ich meine die Herren Boettcher²⁾ und Köl liker.

Boettcher hebt Seite 17 seiner Monographie, welche bis in die Gegenwart mit Recht mustergiltig und massgebend erschien, hervor, „dass die vertikalen Bogengänge durch sich aneinander lagernde Wülste aus ihrer gemeinschaftlichen Anlage abgeschnürt seien, indem die Anlage für den horizontalen Bogengang als flache, in senkrechter Richtung zur Längsaxe des Labyrinthes (von oben nach unten) comprimirt Tasche erscheine.“

1) Entwicklungsgeschichte der Natter (*Coluber natrix*) mit 7 Kupfertafeln, Königsberg 1839.

2) Ueber Entwicklung und Bau des Ohrlabyrinthes etc. Dresden 1869. Seite 17.

In ähnlicher Weise schildert auch Kölliker¹⁾ die Entstehung der Canales semicirculares membranacei, indem derselbe auf Grund selbständiger Untersuchungen angibt, „dass aus dem Theile des Labyrinthes, der zum Utriculus sich umgestaltet, breite platte Duplikaturen von halbkreisförmiger Gestalt hervorsprossen, die dann am freien Rande sich ausweiten, während in der Mitte die zwei Lamellen der Ausbuchtung verwachsen und dann spurlos verschwinden.“

Obschon diese drei angeführten Forscher bezüglich der Deutung ihrer Beobachtungen im Wesentlichen miteinander übereinstimmen und die Bildung der häutigen Bogengänge aus einer Falte (Rathke), aus einer comprimierten Tasche (Boettcher) oder aus einer breiten platten Duplikatur (Kölliker) hervorgehend beschreiben, glaube ich doch für die Entstehungsweise genannter Gänge eine andere Auffassung vertreten zu müssen und stütze dieselbe auf zahlreiche Untersuchungen an vielen Wirbelthierembryonen. Bis jetzt konnte ich meine Studien ausdehnen auf die geschwänzten und ungeschwänzten Batrachier, die Eidechsen, die Fische, die Vögel, die Säugethiere und den Menschen.

Die Deutung der Vorgänge bei der Labyrinthentwicklung wird um so schwieriger, je spärlicher das Material für die Beobachtung vorliegt, während die schwierigsten Fragen um so leichter beantwortet werden können, je zahlreicher die sich aneinander reihenden Entwicklungsstadien von einer und derselben Thierart gewonnen sind.

In letzterer Hinsicht waren für mich am lehrreichsten die Objekte von Selachiern, von der Eidechse und der Forelle. Von dieser konnte ich eine Entwicklungsreihe bis zum 180. Tage erhalten und zwar regelmässig fortlaufende Stadien, die geeignet sind, die rasch sich vollziehenden Veränderungen

1) l. c. Seite 743.

an dem sich bildenden Labyrinth ohne besondere Schwierigkeiten verfolgen zu können.

Sind auch schon viele von den wesentlichsten Vorgängen bei der Labyrinthbildung durch Reissner¹⁾ bei dem Hühnchen und die erwähnten beiden Forscher, Boettcher und Kölliker, bei den Säugethieren festgestellt worden, so schien mir die Frage über die Entwicklung der häutigen Bogengänge desshalb nicht endgiltig beantwortet zu sein, weil ich an den mir zugänglichen Objekten aus den verschiedensten Entwicklungsstadien weder eine Falte oder Tasche, noch eine Duplikatur als erste Anlage der häutigen Bogengänge wahrnehmen konnte.

Auf zahlreiche Beobachtungen gestützt, muss ich die Entstehung der Canales semicirculares membranacei als eine „epitheliale Hohlsprossung“ jenes Abschnittes der Ohrblase, aus der der Utriculus labyrinthi hervorgeht, auffassen.

Das erste Auftreten eines Bogenganges an der Ohrblase findet in der Form von zwei, anfänglich ziemlich weiten trichterförmigen Ausbuchtungen der Epithelwand statt. Diese Thatsache kam auch schon bei Boettcher in seiner Tafel I Fig. 9 von einem 1,6 cm langen Schafembryo und in der 10. Figur der II. Tafel von einem Schafembryo, der eine Länge von 2,8 cm hatte, zum Ausdruck. Allein die Grössendifferenzen der Embryonen waren zu bedeutend, um die Entwicklungsvorgänge am häutigen Labyrinth von dem einen auf den anderen zurückführen zu können. Nicht minder entspricht die Darstellung und Schilderung bei Kölliker der Natur und dessen Figuren 444 und 454 stellen die charakteristische Ausbuchtung in ihrer ersten Form dar. Der Grund, warum der wahre Vorgang von zwei so bewährten Forschern nicht erkannt wurde, kann meiner Meinung nach

1) De auris internae formatione. Dorpat 1851.

nur in dem Umstande liegen, dass denselben wahrscheinlich keine Entwicklungsstadien, welche sich nahe aneinander reihen und daher sich gegenseitig ergänzen, vorlagen, wie es für das erste rasche Wachsthum der häutigen Bogengänge und deren Beurtheilung erforderlich erscheint; denn unzweifelhaft haben die fünf Schafembryonen, welche Boettcher für seine Auffassung verwerthet hat, bezüglich ihrer Grösse einen viel zu bedeutenden Abstand von einander und sie bieten daher nur schwer die Möglichkeit dar, die verschiedenen Entwicklungsphasen des Ohrlabyrinthes aufeinander zurückzuführen. —

Indem ich zur speciellen Betrachtung der Entstehung der häutigen Bogengänge übergehe, muss ich zunächst auf die Epithelbuchten an der Ohrblase hinweisen. Ihnen voran eilt, wie es scheint aus physiologischen Gründen, die Bildung des Ductus endolymphaticus, welcher die Druckdifferenzen im inneren Ohre ausgleicht und daher ein ungewöhnlich rasches Wachsthum zeigt. Während derselbe in der Entwicklung begriffen ist, sieht man an dem Alveus communis mehrere Buchten von trichterförmiger Gestalt auftreten. Diese ersten verhältnissmässig weiten Buchten sind schon von Köl liker und Boettcher beschrieben und abgebildet worden. Sehr bald nehmen dieselben den Charakter von Epithelcylindern an, welche bei einigen Thieren ziemlich weit, bei andern sehr eng erscheinen. Bei der Umbildung der Buchten zu Kanälen haben wir nur die verkitteten Epithelzellen des Alveus communis vor uns, während das übrige Zellenmaterial des Mesenchyms eine gleichmässige, etwas lichte Beschaffenheit annimmt und indem die epithelien Sprossen der Ohrblase sich verlängern, müssen sich dieselben in dem Mesenchym selbständig ihre Wege bahnen, die wahrscheinlich dadurch zu Stande kommen, dass dem rapiden Wachsthum der Epithelcylinder das Zellenlager des Mesenchyms nur geringen Widerstand leistet und

dasselbe dem Drucke unterliegt. Prüft man in diesen Entwicklungsstadien imbibrierte Schnittpräparate, so erscheinen die im raschen Wachsthum begriffenen Bogengänge als stark gefärbte durchlöchernte Scheiben, welche von dem lichten matt gefärbten Zellenmaterial des mittleren Keimblattes ganz dicht umschlossen sind. Weder die Andeutung eines perilymphatischen Raumes um die Gänge, noch irgend eine anderartige Abgrenzung oder eine Verbindung derselben mit anderen Gebilden ist erkennbar. Schon an diesen Objekten empfängt man den bestimmten Eindruck, dass sich ein hohler Epithelfortsatz in das gleichmässig erscheinende Mesenchymlager, welches allmählich eine bedeutende Mächtigkeit erlangte, eingebohrt hat und sich nur durch seine charakteristischen, grösstentheils kubischen Zellen von der Umgebung unterscheidet. Keine Gefässlumina sind an diesen Objekten sichtbar und, wie mir scheint, treten dieselben erst auf, wenn die Lichtung der Umgebung des Epithelcylinders beginnt und die erste Andeutung des künftigen perilymphatischen Raumes um die häutigen Bogengänge wahrnehmbar wird. An keinem Objekte, selbst an solchen aus frühen Entwicklungsstadien, konnte ich eine rinnenförmige Beschaffenheit einer Epithelröhre konstatiren und dies müsste doch der Fall sein, wenn die Bogengänge einer Abschnürung der Duplikaturen des Utriculus ihre Entstehung verdanken sollten. Allein eine rinnenförmige Beschaffenheit, einen an der concaven Seite offenen Bogengang habe ich in keinem Entwicklungsstadium beobachtet.

Ein weiteres wichtiges Beweismittel für meine Auffassung der Bogengang-Entwicklung ist der, dass man bei der Verfolgung eines Ganges an lückenlosen Schnittreihen denselben plötzlich blind enden sieht. Wenn man den angelegten querdurchschnittenen Bogengang von Schnitt zu Schnitt verfolgt, so findet man, dass derselbe allmählich enger wird und plötzlich mit blindem Ende im Mesenchym

abschliesst. Diese Beobachtung war es denn auch, welche mich zur Fragestellung über die Art der Bogengangbildung führte. Die blinde Endigung eines sich entwickelnden Bogenganges wies nothwendig darauf hin, dass jeder einzelne aus zwei Schenkeln entsteht, die in dem Mesenchym einander entgegenwachsen, sich erreichen und bei der Verschmelzung der blinden Enden mit gegenseitiger Kommunikation einen einzigen Gang darstellen. Mit Bestimmtheit glaube ich sagen zu dürfen, dass jeder häutige Bogengang aus zwei Sprossen entsteht, welche halbkreisförmig einander entgegenwachsen und nach ihrer endlichen Verschmelzung den einfachen Kanal darstellen.

Diese meine Ergebnisse finden auch eine Bestätigung durch Beobachtungen, welche schon vor längerer Zeit von Buhl und Hubrich gemacht und in der Zeitschrift für Biologie bekannt gegeben wurden.

Diese beiden Forscher haben im Jahre 1867 das knöcherne Labyrinth von Missbildungen studirt und gezeigt, dass bei diesen einzelne Labyrinththe auftreten, welche nur den einen Schenkel eines Bogenganges besitzen, also nur einen halben blind abschliessenden Gang haben. Diese Form eines *Canalis semicircularis*, welche auch schon von anderen Forschern beobachtet wurde, kann nur dann zu Stande kommen, wenn die Bogengang-Entwicklung in der von mir beschriebenen Weise von zwei Schenkeln ausgeht und die erste Anlage des einen oder anderen Schenkels durch pathologische Einflüsse eine Hemmung erfahren hat. Würden dagegen die *Canales semicirculares membranacei* aus Falten oder, was dasselbe ist, aus Duplikaturen hervorgehen, so wäre für die Erklärung der halben Ausbildung eines häutigen und des entsprechenden späteren knöchernen Ganges viel mehr Schwierigkeit gegeben. Interessant ist der Ausspruch von Buhl und Hubrich: dass die Entwicklung der Bogengänge aus länglichen Erweiterungen oder Aussackungen und Abschnür-

ung vom Vorhofe aus, durch ihre Untersuchungen keine Bestätigung finden könne.

Mit dieser von mir beobachteten Art der Bogengangbildung ist eine andere interessante Frage verknüpft, bestehend in dem Curvenwachsthum der beiden Schenkel des Halbkreises. Warum wächst die epitheliale Röhre von der Ohrblase aus nicht in gerader Richtung, sondern in gekrümmter und zwar unter normalen Bedingungen immer so, dass die beiden Schenkel genau zusammentreffen, um sich miteinander vereinigen zu können. In dem Zellenmaterial des mittleren Keimblattes ist für die Epithelsprossen keine Spur einer Bahn vorgezeichnet, sondern dieselbe entsteht erst durch das Vordringen des Epithelfortsatzes. Auf die Verschiedenheiten, welche bei diesen Vorgängen zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren bestehen, will ich hier nicht näher eingehen; ich werde dieselben in einer geplanten grösseren Abhandlung ausführlich besprechen. Zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren bestehen in der Labyrinthbildung, insbesondere auch in der Bogengangbildung mehrfache Verschiedenheiten, die dort eine ausführliche Erörterung finden werden.

Indem ich mich der Besprechung des Curvenwachsthumes der häutigen Bogengänge zuwende, betrete ich ein Gebiet der entwicklungsgeschichtlichen Forschung, welches die schwierigsten Aufgaben darbietet, ich meine die Feststellung der Ursachen der Formen, die Erklärung der Formbildung überhaupt. Die Formen der einzelnen Organe und Organgebilde während ihrer Entstehung zu verfolgen, ist eine verhältnissmässig leichte Aufgabe gegenüber der Erforschung jener Vorgänge, welche die Ursachen der Formbildung in sich einschliessen.

Bei dem Studium der Bogengangbildung bin ich auf Eigenthümlichkeiten des sich vermehrenden Zellenmaterials aufmerksam geworden, welche meiner Auffassung nach die

nächstliegenden Ursachen des Curvenwachsthumes der beiden Schenkel eines Bogenganges sein mögen. Folgt man den Epithelknospen des Labyrinthes während ihres Wachsthumes, so sieht man bald, dass die Zellen an der convexen Seite eines Bogenganges bedeutend grösser werden, als jene an der concaven Seite desselben. Die letzteren behalten die ursprünglichen Formen jene des Ohrbläschens mehr oder weniger bei.

Diese Grössendifferenz der Zellen an einer wesentlich in die Länge wachsenden Röhre muss dieselbe von der geraden Richtung ablenken, indem an jener Stelle, wo die grossen Zellen auftreten, eine stärkere Krümmung zu Stande kommt, als an der gegenüberliegenden Seite, die von dem kleinen Zellenmaterial eingenommen wird. Da die beiden Schenkel eines Bogenganges sich in dieser Hinsicht ganz übereinstimmend verhalten und die vitalmechanischen Wachsthumsvorgänge an den Zellen derselben ganz gleichartige sind, so muss ihre Vereinigung nothwendig in der Mitte erfolgen.

Bietet auch diese Art der Entstehung der häutigen Bogengänge ein hohes Interesse dar, so hat dieselbe doch nur Verwandtschaft mit den vitalmechanischen Bildungsvorgängen aller thierischen Körpertheile, welche von einem Zellenmaterial in gesetzlich vorgezeichneter Form aufgebaut werden, und dieser Aufbau kann doch nur stattfinden durch specifische vitale Eigenschaften, welche jeder einzelnen Zelle inne wohnen.

Indem ich noch darauf hinweise, dass es nicht meine Absicht sein konnte, diese zuletzt erwähnte Wachstumsform an den sich bildenden halbkreisförmigen Kanälen des häutigen Labyrinthes als einen bedeutungsvollen Vorgang eingehend begründen zu wollen, so schien mir es doch geboten, derselben hier Erwähnung zu thun; denn wenn die Thatsache festgestellt werden konnte, dass:

1) die Bogengänge durch epitheliale Knospung oder Sprossung aus der Ohrblase entstehen und

2) für jeden einzelnen häutigen Bogengang zwei Sprossen auftreten, so kann

3) die Vereinigung der beiden Sprossen nur durch die geschilderten Grössenunterschiede des Zellenmaterials an der convexen und concaven Seite eines Bogenganges stattfinden.

Erklärung der Figuren.

Die drei ersten Figuren sind der Natur entnommen, jedoch grösstentheils schematisch gehalten.

Fig. 1. Ohrblase mit den ersten Buchten als Anlage der Bogengänge. Die beiden nach rechts gerichteten Buchten a und b stellen den horizontalen Bogengang in seinem Beginne dar; a) der ventrale, b) der dorsale Schenkel des Bogenganges.

Fig. 2. Die in der weiteren Ausbildung begriffenen epithelialen Sprossen, welche in dem lichten Mesenchym vordringen und sich die Wege bahnen resp. in dasselbe einbohren.

Fig. 3. Die beiden blind geschlossenen Schenkel der Bogengänge haben sich erreicht, wonach eine Verschmelzung mit Untergang der blinden Enden erfolgt. Eine Abgrenzung der Stelle, wo die Verschmelzung stattfindet, ist an den ausgebildeten Objekten nicht wahrnehmbar.

Fig. 4. Stellt das Grössen-Verhältniss der Zellen an der convexen und der concaven Seite eines Bogenganges zu einander dar. Es muss zwischen beiden ein mathematisch genaues Grössenverhältniss gegeben sein, wenn eine normale Vereinigung der beiden Schenkel stattfinden soll.

