

Einiges über Bau und Entwicklung der Säugethierlungen.

Von

Dr. Ludwig Stieda

ordentl. Professor der Anatomie a. d. Universität zu Dorpat.

Mit Tafel VI.

FRANZ EILHARD SCHULZE hat in einer Abhandlung, welche er vor einigen Jahren über den Bau der Lunge publicirte (die Lungen in S. STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben I. Bd. Leipzig 1871 p. 464—488), eine neue von der früheren abweichende Ansicht über die Beschaffenheit der eigentlichen respirirenden Räume der Lunge niedergelegt. Ich habe eine Zeit lang geglaubt, dass nicht allein HENLE und FREY sondern alle Autoren die Richtigkeit der SCHULZE'schen Angaben anerkannt hätten. Allein das ist keineswegs der Fall: gerade das neueste Handbuch der Anatomie, die 2. Auflage des QUAIN-HOFFMANN'schen Lehrbuch's ist mir ein Beweis, dass SCHULZE durchaus nicht vollständig verstanden worden ist. HOFFMANN giebt (I. Bd. p. 754) freilich die Beschreibung der respirirenden Räume mit Berücksichtigung der Mittheilung SCHULZE's, aber die zur Erläuterung der Ansicht SCHULZE's durchaus nothwendige Abbildung giebt er nicht. Vielmehr giebt HOFFMANN ein unrichtiges Schema (Fig. 564), von dem ich nicht weiss, ob es ein Original oder ein geborgtes ist¹⁾, soviel ist aber sicher, dass die Figur nicht zur Beschreibung SCHULZE's passt. SCHULZE ist gründlich missverstanden worden, vielleicht nicht von HOFFMANN allein — es ist weiter kein Grund vorhanden zu untersuchen, warum. — Es wäre das allein eine hinreichende Veranlassung, um auf Grund eigener Untersuchungen wieder einmal die Anordnung der letzten Endigungen

1) Im englischen Original von QUAIN's Elements of Anatomy 7 ed. London 1867 II p. 900 findet sich ein anderes Bild, nämlich eine Copie aus KÖLLIKER's mikrosk. Anatomie.

der Luftwege zu besprechen; — es ist aber noch etwas anderes, was mir zur Abfassung dieser Zeilen die Feder in die Hand giebt.

Als ich, theils zur eigenen Belehrung, theils zur Prüfung der Angaben SCHULZE's an die Untersuchung der Säugethierlungen mich machte und an der Lunge erwachsener Thiere nicht sofort das Gesuchte fand, so zog ich embryonale Lungen in den Kreis meiner Beobachtungen und erreichte mit Hilfe dieser bald das gewünschte Ziel. Hierbei hatte ich genügende Gelegenheit, die Art und Weise der Entwicklung der Lungen zu verfolgen; es stimmen jedoch die Resultate meiner Untersuchung embryonaler Lungen in einigen wichtigen Punkten nicht mit den Angaben, welche kürzlich KÜRNER einerseits und BOLL andererseits veröffentlicht haben. Das ist auch ein Grund gewesen, der mich bewog, nach nochmaliger Controle der schon vor geraumer Zeit begonnenen Untersuchungen die Resultate hier zu einem Ganzen zu verarbeiten. Es sind hier wesentlich drei Punkte, auf welche ich meine Aufmerksamkeit gerichtet habe, nämlich die Entwicklung der respirirenden Räume, ferner die Beschaffenheit der epithelialen Auskleidung der letzten Endigungen der Luftwege während des embryonalen Lebens, und schliesslich die Gestalt und Anordnung der respirirenden Räume in der Lunge der Säugethiere nach der Geburt.

Ich unterlasse es, die lange Reihe aller der Autoren aufzuzählen, welche über die Lunge geschrieben haben; der Leser wird hoffentlich aus diesen Zeilen ersehen, dass mir die betreffende Literatur nicht unbekannt geblieben ist. Wo ein Zurückgehen auf ältere Arbeiten nothwendig sein wird, werde ich nicht ermangeln, auf dieselben zurückzukommen. Ich am wenigsten verkenne es, dass wir nicht ohne Kenntniss der Arbeiten unserer Vorgänger vorwärts schreiten können; ich betone es gern, dass die früheren Arbeiten es sind, welche die Wege gebahnt haben, auf denen wir einerschreiten.

Dagegen erlaube ich mir im Gegensatze zu der sonst üblichen Weise die Hauptresultate meiner Untersuchung an die Spitze dieser kleinen Abhandlung zu stellen. Denen, welche mit dem Gegenstand und den betreffenden Fragen vertraut sind, hoffe ich dadurch das Weiterlesen zu ersparen; bei andern hoffe ich dadurch die Aufmerksamkeit um so bestimmter auf die Punkte zu lenken, deren Erörterung in den nachfolgenden Zeilen zu finden ist.

1. Es ist zu unterscheiden zwischen den Bronchien als den die Luft zuleitenden Röhren und den sog. Alveolengängen als den eigentlichen respiratorischen Räumen.

2. Die sog. Alveolengänge (SCHULZE) sind unregelmässig

verästelte blind endigende Canäle, welche allseitig mit kleinen meist halbkugeligen Ausbuchtungen (Alveoli) versehen sind.

3. Es ist kein Grund vorhanden, die blinden Enden der Alveolengänge »Infundibula« zu nennen.

4. In den frühesten Entwicklungsstadien der embryonalen Lunge existirt zwischen dem Epithel der Bronchien und dem der provisorischen (primitiven) Lungenbläschen kein wesentlicher Unterschied.

5. In den spätern Entwicklungsstadien der embryonalen Lunge besteht zwischen dem Epithel der Bronchien einerseits und dem Epithel der (bleibenden) Alveoli und Alveolengänge andererseits ein beträchtlicher Unterschied: das Epithel der Bronchien ist ein cylindrisches, das der Alveolengänge ein plattenförmiges.

6. Das Epithel der Alveolengänge und der Alveoli stammt vom Epithel der provisorischen Lungenbläschen, also vom Darmdrüsenblatt.

Dass die Lungen zum Vorderdarm in directer genetischer Beziehung stehen, unterliegt keinem Zweifel: Es bilden sich die Lungen als Ausstülpungen des Vorderdarms. Nach KARL ERNST VON BAER'S Angaben ist die Anlage der Lungen eine paarige. Es erscheinen zwei kleine hohle Auftreibungen am Darm; beide Anlagen werden zu kleinen Säckchen, rücken allmähig einander näher und bekommen dadurch schliesslich ein mittleres Verbindungsstück, das zur Trachea wird. — Gegenüber den Angaben einiger anderer Autoren, welche einer einfachen Lungenanlage das Wort geredet haben, betont KÖLLIKER neuerdings (Entwicklungsgeschichte 2. Auflage Leipzig 1876 p. 296) mit Entschiedenheit die paarige Anlage bei Säugethieren (Kaninchen). Er beobachtete am Schlund zwei seitliche Ausbuchtungen, welche beim weiteren Wachsthum an ihrer Wurzel zusammenfliessen und dadurch die Trachea bilden. Ich selbst habe keine Gelegenheit gehabt, so junge Säugethier-Embryonen zu untersuchen, dass ich an ihnen ein eigenes Urtheil über eine paarige oder unpaarige Lungenanlage hätte fällen können. An denjenigen Säugethier-Embryonen, welche mir zur Untersuchung dienten, waren beide Lungen schon als zwei kleine Höckerchen sichtbar, in welchen sich ein epithelialer Canal befand. Mit dem Grösserwerden der Embryonen unter stetem Wachsthum der Höcker ist es der epitheliale Canal, der insbesondere Veränderungen an sich erkennen lässt. Zuerst ist der Canal einfach, dann theilt er sich in Aeste, welche sich abermals theilen, so dass sowohl durch fortgesetzte Theilung als auch durch seitliche Sprossenbildung ein epitheliales, anfangs noch leicht übersehbares Canalsystem entsteht, dessen blinde

Endigungen gewöhnlich etwas leicht erweitert sind (Fig. 4b). Bemerkenswerth ist, dass an denjenigen Stellen, an denen Seitenäste oder Sprossen sich bilden, zuerst eine ganz geringe Vorwölbung der Epithelialwand des Canals erscheint (Fig. 4c); dieselbe wird allmählig grösser, weiter, zieht sich in die Länge, bis allmählig ein neuer blind endigender Seitenast entstanden ist. Niemals sah ich wie bei andern Drüsen eine solide Epithel-Wucherung oder einen soliden Epithelzapfen, in welchem erst später ein Lumen auftritt. Auf die Bildung solcher hohler Sprossen machte bereits KÖLLIKER in seiner mikroskopischen Anatomie (II. Specieller Theil. Leipzig 1852 p. 321 u. ff.) aufmerksam; ich verweise auf die treffliche daselbst enthaltene Schilderung.

Ich bleibe einen Augenblick bei der Terminologie stehen, welche in Bezug auf den im Innern der Lungen-Anlage befindlichen epithelialen Canal und seine Aeste und kolbenförmigen blinden Enden Anwendung gefunden hat. KÖLLIKER (l. c. p. 323) nennt die blinden, leicht erweiterten Enden der Aeste des epithelialen Canals — Bronchialenden, Drüsenkörner oder primitive Drüsenbläschen, womit er nicht nur die Epithelialschicht, sondern auch die faserige Umhüllung begreift. ECKER (Icones physiologicae. Leipzig 1854—1859. Erklärung d. Fig. VII Taf. X) spricht von primitiven Lungenbläschen, welche den Bronchialcanälen aufsitzen; FREY (Histologie 5. Auflage 1876 p. 493) nennt »kolbige Erweiterungen, aus denen sich die primären Lungenlappchen zu bilden scheinen; BOLL (das Princip des Wachstums. Berlin 1876) redet von Lungenausläufern und Lungenvorsprüngen.

Vor allem ist daran zu erinnern, dass jene kolbenförmigen blinden Enden der verzweigten epithelialen Canäle (Bronchialcanäle) durchaus nichts mit den sog. Lungenbläschen (Alveoli) der ausgebildeten Lunge zu thun haben; es sind nichts mehr und nichts weniger als die blinden Enden der kleinsten Bronchien. KÖLLIKER hat daher vollkommen Recht sie einfach als Bronchialenden zu bezeichnen. Aus ihnen bilden sich erst in der Folge durch Wucherung des Epithels die definitiven Alveolengänge mit ihren Alveolen. Man mag sie daher immerhin als primitive, ich sage lieber provisorische Lungenbläschen bezeichnen. Die Ausdrücke BOLL's, Lungenausläufer und Lungenvorsprünge, welche offenbar den Terminus Lungenbläschen vermeiden sollen, sind zu unbestimmt, um Nachahmung zu verdienen.

Was nun den feineren Bau der Bronchialcanäle und ihrer kolbenförmigen blinden Enden, der provisorischen Lungenbläschen betrifft, so ist anfangs bei jungen (kleinen) Embryonen zwischen dem Epithel der Canäle und dem Epithel der blinden Enden kaum ein

Unterschied zu sehen. Das Epithel ist (bei Schaf-Embryonen bis zu 16 Mm. Länge) entschieden ein geschichtetes; dagegen ist es bei älteren (grösseren) Embryonen (Schafembryonen von 23 Mm.) mir sehr zweifelhaft, ob in den provisorischen Lungenbläschen noch geschichtetes Epithel vorhanden, wengleich auf den ersten Anblick das Epithel den Eindruck eines geschichteten macht. Vielmehr scheint es mir, dass es sich schon um ein einfaches (einschichtiges) Epithel handelt, das aus langgestreckten, hohen, zum Theil aus spindelförmigen Zellen zusammengesetzt wird. Die einzelnen Zellen reichen von der bindegewebigen Hülle bis zum Lumen; die Kerne der Zelle liegen aber nicht wie bei einem gewöhnlichen einfachen Cylinderepithel in gleicher, sondern in wechselder Höhe. Man sieht 2 oder 3 oder mehr Reihen von Kernen über einander und meint danach ein geschichtetes Epithel vor Augen zu haben. — Isolations-Versuche habe ich nicht anstellen können, zu einer allendlichen Entscheidung der Frage, ob einfaches oder geschichtetes Epithel, wären solche Versuche aber durchaus nöthig.

Das Gewebe, welches die epithelialen Canäle umgiebt, besteht durchgängig aus rundlichen oder spindelförmigen Zellen mit meist rundlichen Kernen. In der nächsten Umgebung des Epithels liegen die Kerne dichter, sind etwas länglich: das Gewebe erscheint hier etwas undurchsichtig; das Epithel ist wie von einem Hof eingerahmt — die erste Anlage der bindegewebigen Hülle der Bronchien.

Bei weiterer Fortbildung der Canäle, bei weiterem Wachsthum der Lungen markirt sich allmählig ein entschiedener Gegensatz zwischen den weiteren Canälen und den kleineren nebst ihren blinden kolbenförmigen Enden. Das ist der Fall bei älteren (grösseren) Embryonen, bei Schaf-Embryonen von mindestens 80 Mm., Kaninchen-Embryonen von 70 Mm., bei Rinds-Embryonen, deren Kopf 50—60 Mm. lang war (es war versäumt worden, die Körperlänge zu bestimmen). Während nämlich die grössten Canäle ein deutlich geschichtetes Epithel aufweisen, besteht die epitheliale Auskleidung der kleinen Bronchialzweige und der provisorischen Lungenbläschen aus einer einfachen Schicht cylindrischer Zellen (Fig. 4 u. 2). Die Zellen, welche natürlich keineswegs die Gestalt wirklicher Cylinder haben, sondern zum Theil prismatisch und zum Theil abgestumpft pyramidal sind, zeichnen sich durch die überaus regelmässige Stellung der in gleicher Höhe liegenden Kerne aus. Die Höhe der Zellen beträgt bei einem Schafembryo von 120 Mm.: 0,021 Mm., die Breite 0,009 Mm., die gleichen Maasse erhielt ich bei einem Schweine-Embryo von 90 Mm. und einem Rinder-Embryo, dessen Kopflänge 60 Mm. betrug; bei einem Pferde-Embryo (Kopflänge 50 Mm.) betrug die Höhe der Zellen 0,015, die Breite 0,09 Mm. Diesen Zustand

zeichnen ECKER (*Icones physiologicae* Taf. X Fig. VIII) und nach ihm FREY (l. c. p. 493 Fig. 3), ebenso KÖLLIKER, BOLL und auch KÜTTNER (*Studien über das Lungenepithel*, *VIRCHOW'S ARCHIV* Bd. 66. Berlin 1874. Taf. II Fig. 7).

Während sich in den Bronchialcanälen und ihren blinden Enden so ganz allmählig ein einfaches cylindrisches Epithel herausgebildet hat, tritt gleichzeitig ein anderer Gewebsbestandtheil auf, dessen die bisherigen Autoren noch keine Erwähnung gethan haben. Das sind glatte Muskelfasern. An Schaf-Embryonen von 120 Mm. Länge an sehe ich dicht unter dem Epithel eine einfache Schicht (Fig. 2) quergestellter glatter Muskelfasern erscheinen; sie erstrecken sich nur bis an den Beginn der kolbenförmigen Erweiterung, an dieser selbst habe ich sie nie beobachtet. Ich fand ferner glatte Muskelfasern an Schweine-, Pferde- und Rinder-Embryonen. — Da die kolbenförmigen Bronchialenden ja vorübergehende provisorische Bildungen sind, so ist hieraus weiter kein Schluss zu ziehen: mit dem Weiterauswachsen der Bronchialenden rücken offenbar auch die glatten Muskelfasern weiter vor, d. h. es entwickeln die letzteren sich allmählig in der Richtung zum Bronchialende zu.

Mit der Entstehung der Muskelfaserschicht nimmt auch die sich an die Bronchialcanäle anlehrende bindegewebige Hülle an Dichtigkeit zu, zugleich treten Blutgefäße im Bindegewebe der Lunge deutlich hervor.

Es ist hier vielleicht der geeignetste Platz um die Frage zu erörtern, wie wächst der ursprünglich einfache Lungencanal eigentlich aus? Selbstverständlich kann man das nicht direct beobachten, sondern nur vermuthen oder schliessen; dafür ist zu Combinationen und Vermuthungen freier Spielraum genug vorhanden. Ich würde bei dieser rein theoretischen Erörterung gar nicht verweilen, wenn nicht BOLL in seiner Schrift »das Princip des Wachsthum« gerade das Wachsthum der Lunge als Beispiel genommen und hieran das Wachsen im Allgemeinen besprochen hätte. BOLL widmet der Frage, wie wächst die Lunge des bebrüteten Hühnchens? eine lange Auseinandersetzung (l. c. pag. 6—23). Was wächst eigentlich, so fragt BOLL, die epitheliale Lungenanlage oder das Blutgefäße führende Bindegewebe? Oder mit andern Worten ausgedrückt: wächst das Epithelialrohr in das Bindegewebe hinein oder wächst das Bindegewebe nebst Blutgefäßen in die epitheliale Lungenanlage? Nachdem BOLL vor allem die Ansicht REMAK'S, welcher sich für ein vorwiegendes Wachsthum der Blutgefäße entschieden, zurückgewiesen hat, kommt er zum Resultat (l. c. p. 23): »So entsteht ein complicirter Durchwachungsprocess des

Epithels mit dem Bindegewebe und des Bindegewebes mit dem Epithel, dessen endliches Resultat die definitive Lunge darstellt «.

Gegen dieses Resultat habe ich gar nichts einzuwenden, vielmehr stimme ich demselben völlig bei. Wohl aber muss ich mich gegen die auffallende Fragestellung richten — ich verstehe gar nicht, wie es in diesem Stadium der Lungenentwicklung möglich sein soll, dass das Epithel allein wächst und das Bindegewebe dabei passiv bleibt oder umgekehrt. Ich finde es so selbstverständlich, dass das Epithelialrohr und das Bindegewebe gleichzeitig wachsen, dass von einem Verdrängen des einen durch das andere gar keine Rede sein kann. — Wozu nun das besonders zurückweisen? — Wenn man in entwicklungsgeschichtlichen Beschreibungen vom Eindringen des Epithels in das Bindegewebe spricht und gleichsam so dem Epithel eine active, dem Bindegewebe eine passive Rolle zuschreibt, so ist das doch offenbar nur bildlich, — man will dadurch nur das Epithelgewebe als das besonders wichtige betonen.

Eine andere Frage aber ist: Was giebt den ersten Anstoss zum Wachsthum, das Epithel oder das Bindegewebe? Oder wie BOLL sagt: die Blutgefäße? Die Beantwortung dieser Frage erscheint mir gerade für die Lunge ausserordentlich wichtig. Diese Frage beantwortet BOLL nicht direct. Meiner Ansicht nach ist nun unbedingt das Wachsthum des Epithel's das primäre und das Wachsthum des Bindegewebes resp. der Blutgefäße das secundäre. Es ist gewiss richtig, wenn KÖLLIKER (Entwicklungsgeschichte. Leipzig 1861 p. 377) schreibt: »Es ist immer das Epithelialrohr, welches den ersten Anstoss zur Sprossenbildung giebt, dadurch dass dasselbe durch wiederholte Längstheilung seiner Zellen in bestimmter Richtung in der Fläche wächst, immerhin haben Sie sich die Faserhülle der Bläschen dann auch als selbständig mitwuchernd zu denken — «.

Zur Unterstützung der Ansicht, dass das Epithelgewebe den ersten Anstoss zum Wachsthum giebt, führe ich in Bezug auf die Lunge den Umstand an, dass eine Bildung der provisorischen Lungenbläschen schon zu einer Zeit stattfindet, wo noch gar keine Blutgefäße im Bindegewebe sichtbar sind. Wenn die Blutgefäße führende Matrix zuerst den Anstoss geben sollte, so müssen die provisorischen Lungenbläschen erst mit den Blutgefäßen auftreten — was nicht der Fall ist. — Allein, man kann mir gewiss einwenden, die Blutgefäße seien gar nicht nöthig, sondern nur das Bindegewebe allein sei es, welches durch Andrängen bei seinem Wachsthum gegen das Epithel ein secundäres Wachsen eben des Epithels veranlasse. — Hier bei der Lunge ist vielleicht noch die Möglichkeit vorhanden, auch letztere Annahme

zu vertheidigen; bei der Bildung anderer epithelialer Organe, z. B. der Haare aber nicht. Gerade die erste Anlage der Haare durch den epithelialen Haarkeim ist es, welche unwiderleglich beweist, dass der erste Anstoss vom Epithel und nicht vom Bindegewebe ausgeht. — Wie — gehört weiter nicht hierher. So auch bei der Lunge — ist aber der erste Anstoss vom Epithel aus gegeben, ist das Wachsthum eingeleitet, dann wachsen beide Gewebe (Epithel und Bindegewebe) gleichzeitig fort.

Was jedoch die Ursachen betrifft, welche das Wachsthum des Epithelialrohrs veranlassen, so stehen wir hier vor einem unlösbaren Räthsel.

Frage ich weiter, wie wächst die Epithelialanlage in der Lunge, so weiss ich keine andere Antwort zu geben, als sie bereits früher KÖLLIKER (Mikroskop. Anat. Leipzig 1852 p. 324) gegeben hat: »durch Vermehrung der Epithelialzellen in der Fläche, die jedoch nicht durch freie Zellenbildung zwischen den vorhandenen Zellen vor sich geht, sondern als fortgesetzte und sehr energische Vermehrung dieser selbst und zwar durch Zerfallen derselben der Länge nach immer in zwei Zellen zu denken ist«. — Ich sehe sehr häufig zwischen den grössern Epithelzellen einzelne dunkle, den Farbstoff (Carmin) lebhaft aufnehmende Streifen, welche ich mit KÜTNER (l. c. p. 48) als junge Epithelzellen deute. Näheres anzugeben über den Vorgang der Zellentheilung vermag ich nicht — vielleicht wäre hier ein Ort, um an der Hand neuer Methoden den fraglichen Vorgang genau zu verfolgen.

Ich kehre nach dieser Abschweifung wieder zur Lunge zurück, welche ich in dem Stadium verlassen, wo die provisorischen Lungenbläschen mit deutlichem cylindrischem Epithel ausgekleidet sind, während zugleich an den Bronchialcanälen glatte Muskelfasern sichtbar geworden. In der Folge sind nur an grössern (ältern) Embryonen wesentliche Veränderungen zu constatiren. In Lungen von Schaf-Embryonen von 250 Mm., bei grossen Rinds-Embryonen, sind keine provisorischen Lungenbläschen mehr zu sehen. Statt dessen schliessen sich an die nach wie vor als Bronchialcanäle zu deutenden Röhren, welche sich durch ihre glatten Wände auszeichnen, unregelmässig ausgebuchtete, hier und da rosenkranzförmig gestaltete Canäle, welche entweder ungetheilt oder hier und da gabelförmig gespalten blind enden (Fig. 3). Doch nicht allein durch ihre Gestalt, d. h. durch die seitlichen Ausbuchtungen unterscheiden sich die beschriebenen Endcanäle von den cylindrischen glattwandigen Bronchialcanälen, sondern auch durch das sie auskleidende Epithel. Die provisorischen Lungenbläschen nebst den zuführenden Bronchialcanälen waren mit einfachem Cylinder-

epithel ausgekleidet, die ausgebuchteten blind endigenden Canäle sind von einem einfachen Plattenepithel überzogen (Fig. 4). An einzelnen Stellen lässt sich der allmähige Uebergang der Cylinderepithelzellen in die Zellen des Plattenepithels deutlich wahrnehmen. Das Epithel der Bronchioli misst (bei Schafen von 250 Mm. Länge) 0,006—0,009 Mm. in der Höhe und 0,006 Mm. in der Breite; das Epithel der Alveolengänge höchstens 0,003 Mm. in der Höhe, die Breite reichlich 0,009—0,012 Mm. Diese ausgebuchteten, mit Plattenepithel ausgekleideten Canäle sind schon die SCHULZE'schen Alveolengänge mit ihren Alveolen. Offenbar hat KÖLLIKER (Entwicklungsgeschichte 1861 p. 378) dieses Stadium gemeint, wenn er schreibt: »auf einem gewissen Stadium angelangt ändert sich jedoch dieser Typus (d. h. einer gewöhnlichen traubenförmigen Drüse) und es entstehen die eigenthümlichen kleinsten Lungenläppchen mit den innig vereinten und wie in einen gemeinschaftlichen Hohlraum einmündenden Drüsenbläschen, den Luftzellen, dadurch, dass ein Bronchialende mit den betreffenden endständigen Drüsenbläschen Knospen treibt, die nicht mehr von einander sich trennen und zu neuen gestielten Bläschen werden, sondern alle mit einander verbunden bleiben und später wie in einen gemeinsamen Binnenraum einmünden«. KÖLLIKER beschreibt hier die Entstehung der Alveolen innerhalb der Gänge; ein Unterschied zwischen seiner und meiner Auffassung ist nur der, dass ich nicht von einem gemeinsamen Binnenraum rede, sondern einfach von unmittelbar an die Bronchialcanäle sich anschliessenden Gängen. — Nur eine genaue Angabe über das plattenförmige Epithel der Gänge und Alveoli vermisste ich bei KÖLLIKER. Wohl spricht er (l. c. p. 378) bei menschlichen Embryonen von einem Pflasterepithel von 0,004—0,005''' Dicke, welches die an dem Ende der feinsten Bronchien gelegenen »Lungenbläschen« besitzen; aber hierunter ist nicht das Pflasterepithel der Alveoli zu verstehen, welches viel niedriger ist, sondern wohl nur die Form des Epithels, welche zwischen dem cylindrischen Epithel der provisorischen Lungenbläschen und dem plattenförmigen Epithel der Alveolen in der Mitte liegt, gleich wie jene »Lungenbläschen« die Mitte halten oder vermitteln zwischen den provisorischen und den definitiven der Alveolengänge. — Jedenfalls muss ich die Anwesenheit eines ganz niedrigen Plattenepithels innerhalb der Alveolengänge und der Alveolen in dem oben bezeichneten embryonalen Stadium der Lunge besonders betonen. Uebrigens führe ich sofort zwei andre Autoren an, welche auch von einem Plattenepithel der Alveolen während des embryonalen Lebens reden. SCHULZE (l. c. p. 474) sagt: »Während man in den Alveolen älterer Foetus noch eine gleichmässige Schicht dicht aneinander liegender platter 4—6eckiger

Epithelzellen sieht, u. s. w. und FREY (l. c. p. 490): »Der Säugethierfoetus zeigt uns ebenfalls ein zusammenhängendes durchaus gleichartiges Epithel in den Lungenbläschen und Alveolengängen. Die Bestandtheile desselben sind polyedrische platte Zellen mit Kern und Protoplasma«.

Diesen durchaus übereinstimmenden Angaben von der Existenz eines Pflasterepithels in den Alveolen der foetalen Säugethierlunge gegenüber behauptet nun KÜTTNER (l. c. p. 24): die Alveolen der embryonalen Lunge sind mit cubischem Epithel ausgekleidet — erst durch die erste Athmung werden die cubischen Zellen zu Pflasterzellen.

KÜTTNER stützt seine Behauptung auf folgendes Experiment: er injicirte in die Bronchien embryonaler Lungen zuerst eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, dann Leim. Er fand dann gleich wie bei menschlichen so auch bei Rinder-Embryonen von 0,8—100 Cm. an nicht ausgedehnten Lungenbläschen ein cubisches an ausgedehnten aber ein pflasterförmiges Epithel. Dann schreibt er: »Die in dieser Weise an Embryonen zu Stande gebrachten Kunstproducte gleichen denen auf physiologischem Wege durch Athmung zu Stande gekommenen und zeugen für eine ganz besondere Zähigkeit und Dehnbarkeit der Epithelien selbst an todtten Objecten. In allen diesen Fällen liess sich die Continuität des den Bronchialraum deckenden Cylinderepithels mit dem Pflasterepithel der Alveolen deutlich sehen«. — KÜTTNER zeichnet in seiner Figur 6 drei verschiedene Lungenläppchen in verschiedenen Graden der Ausdehnung je mit verschiedenem Epithel bekleidet, wie er selbst beifügt von einer Lunge, in welcher weder Alveolengänge noch Alveolen ausgebreitet waren. — Ich habe gar keinen Grund diesen Befund anzuzweifeln, doch halte ich es nicht für zulässig aus diesem Befund einen directen Schluss zu machen auf die Entstehung des Plattenepithels in den Alveolengängen. — Meinetwegen mag KÜTTNER aus seinem Experiment auf die Dehnbarkeit der Epithelzellen schliessen — doch dazu bedurfte er gar keiner solchen Versuche. Der Schluss, dass der Druck der durch das Athmen in die Lunge eingetretenen Luft das cubische Epithel der Alveolen in pflasterförmiges verwandelte, ist nicht gestattet, weil dazu vor allem KÜTTNER erst den Nachweis zu führen hatte, dass die Alveolengänge und Alveolen der embryonalen Lunge wirklich cubisches Epithel besitzen: dieser Nachweis ist nicht geführt worden, wird auch nicht geführt werden können. — So lange dieser Nachweis fehlt, hat der Befund von Pflasterepithel in den durch Leim ausgedehnten (älteren) foetalen Lungen keine Beweiskraft. — Ich bleibe demnach dabei, dass schon während des embryonalen Lebens die Alveolengänge und Alveolen Plattenepithel aufweisen.

Ich habe hier aber bei einem Einwand BOLL's in Betreff der Abstammung des Epithels der Alveolen etwas zu verharren. BOLL meint (l. c. p. 38), dass unter gewissen Voraussetzungen die Leber als ein gemischtes drüsiges Organ anzusehen sei, dessen ausführendes System der Gallengänge eine echte epitheliale Auskleidung besitze, während das Parenchym der Leberzellen nicht epithelialer Abkunft sei und fährt dann fort: »Ein ähnliches Verhältniss möchte ich für die Lunge annehmen. Auch bei dieser erfolgt zwar die Bildung des gesammten ausführenden Systems bis in die feinsten Bronchien hinein streng nach dem oben ausführlich geschilderten Typus: es ist mir aber zweifelhaft geblieben, ob auch die eigentlichen Lungenalveolen selbst demselben Entwicklungsprocess ihre Entstehung verdanken, wie die Bronchien. Wenigstens habe ich nie mit Sicherheit den entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang ihrer zelligen Auskleidung mit dem Bronchialepithel nachweisen können«.

BOLL hat hiermit nur eine Hypothese aufgenommen, welche BUNL (Lungenentzündung, Tuberkulose und Schwindsucht. München 1872) ausgesprochen hat; darnach soll das Alveolenepithel nicht die Bedeutung eines echten Epithels, sondern die eines an der Innenfläche der Alveolenwand sich ausbreitenden Lympfgefässendothels haben.

Ich vermag weder die geistreiche BUNL'sche, noch die BOLL'sche Hypothese zu bestätigen; meines Erachtens unterstützt die Untersuchung embryonaler Lungen die Hypothese durchaus nicht, sondern redet im Gegentheil einem directen Zusammenhang zwischen dem Bronchialepithel und dem Alveolenepithel das Wort. Es ist mir auch nicht bekannt geworden, dass jene Hypothese sich unter den Anatomen grossen Anhang erworben hat.

Wie sind die eigentlich respiratorischen Räume der Lunge gestaltet? Oder mit andern Worten, wie sind diejenigen Räume beschaffen, in welchen der Gasaustausch zwischen der äussern Luft und dem Blut stattfindet?

Die Frage wird auch heute nicht von allen Anatomen in gleicher Weise beantwortet: Die Beschreibung und die Figur, welche E. E. HOFFMANN giebt (Lehrbuch der Anatomie. I Th. 2. Aufl. p. 764 Fig. 564), stimmen nicht mit der Schilderung F. E. SCHULZE's überein; die Abbildung und Darstellung TOLDR's (Lehrbuch der Gewebelehre Stuttgart 1877 p. 424) weichen ebenfalls von SCHULZE ab. — Es ist nicht zu leugnen, dass bei Untersuchungen von Schnittpräparaten an Menschen- und Säugethierlungen man die sichtbaren Bilder gewöhnlich gar nicht mit der ge-

läufigen Vorstellung der Einmündung der Bronchioli in die mit Alveolen versehene Infundibula, wie z. B. HOFFMANN sie bildlich wiedergibt, in Vereinigung bringen kann. Man mag schneiden wie man will — an aufgeblasenen und getrockneten Lungen, die so vielfach beschriebenen Infundibula sind nicht zu finden — nur überaus unregelmässige, jedoch abgerundete Oeffnungen, Löcher sind sichtbar. — Warum aber sind denn keine Infundibula zu sehen? Darauf lautet die einfache Antwort: Infundibula können gar nicht sichtbar gemacht werden, weil gar keine existiren. Uebrigens sind die aufgeblasenen oder mit Leim injicirten Lungen nicht zur Untersuchung geeignet, an ihnen ist durch die hineingetriebene Luft oder Leimmasse ein Zustand herbeigeführt worden, der dem vorübergehenden Zustand der Lunge während der Inspiration möglicher Weise entspricht, aber der keineswegs passend ist, eine richtige Vorstellung von der wirklichen Beschaffenheit der respirirenden Canäle zu erzeugen.

Am geeignetsten, um über die Gestaltung und Anordnung der respirirenden Canäle schnell und sicher ins Reine zu kommen, halte ich die Untersuchung der Lunge kleiner Säugethiere, der Mäuse, Ratten, Meerschweinchen, ferner jüngerer Individuen z. B. junger, womöglich neugeborner Hunde oder Katzen. Hat man vorher noch die einfachen Bilder, welche die Lungen von Säugethiere embryonen darbieten, sich gehörig eingepägt, so wird man später sich auch in den Präparaten grösserer und älterer Säugethiere oder des Menschen orientiren können.

Das Resultat der Untersuchungen an den Lungen ist: die Bronchien gehen, nachdem sie sich vielfach getheilt und verästelt haben, schliesslich über in verzweigte unregelmässig ausgebuchtete Canäle, welche blind enden — das sind die Alveolengänge SCULZE'S (Fig. 5). Die kleinsten Bronchien (Bronchioli) sind, abgesehen von etwaigen Runzelungen der Schleimhaut, glattwandige cylindrische Röhren, die aus den Bronchioli unmittelbar hervorgehenden Canäle sind nicht glattwandig, sondern mit zahlreichen dicht neben einander befindlichen halbkugeligen oder sphärischen Ausbuchtungen — Alveoli — versehen; mitunter sieht ein der Länge nach getroffener Canal rosenkranzförmig aus. Die kleinsten Bronchien sind verhältnissmässig noch dickwandig, sie zeigen ausser dem sie begrenzenden faserigen Bindegewebe eine Schicht glatter Muskelfasern (Fig. 7e) und ein einfaches (cylindrisches oder prismatisches) Epithel, welches bei verschiedenen Thierspecies nicht die gleiche Höhe besitzt. Die Höhe einer Epithelzelle in der Lunge der Maus (cf. Fig. 6) bestimmte ich auf 0,030 Mm., die Breite auf 0,015 Mm.

An Lungen anderer Säugethiere z. B. Pferd, fand ich das Epithel niedriger (0,018 Mm. Höhe, 0,012 Mm. die Breite), so dass in gewisser Beziehung schon das Epithel als Pflasterepithel bezeichnet werden kann. Ueber die Existenz von Flimmern an den Epithelzellen dieser kleinsten Bronchien habe ich an den gehärteten und geschnittenen Lungen nicht mit Sicherheit mich überzeugen können. — Die ausgebuchteten Canäle (Alveolengänge) lassen keine eigentliche, d. h. keine isolirbare und abgrenzbare Wand erkennen, sie erscheinen vielmehr als Lücken und Räume, welche durch das bindegewebige Stroma der Lunge begrenzt werden. Die Canäle und ihre Ausbuchtungen (Alveoli) sind mit einem äusserst zarten Plattenepithel ausgekleidet — an günstig getroffenen Schnitten ist es möglich den Uebergang des Epithels der Bronchien in das Epithel der Alveolen zu erkennen (Fig. 6 u. 7)¹⁾. — Von der überaus grossen Zartheit und den wechselnden Formen dieses Plattenepithels bei verschiedenen Thierspecies sind die mannigfachen Schilderungen und mannigfachen Abbildungen in den verschiedensten die Lunge betreffenden Publicationen ein Beweis.

Glatte Muskelfasern habe ich an den Alveolengängen nicht beobachtet. Ohne hier auf diesen Punct näher einzugehen, führe ich kurz an, dass ich nur beim Schaf solche Gebilde (längliche Kerne) an den Alveolen gesehen habe, welche etwa für den Kern glatter Muskelfasern gehalten werden könnten; bei den andern von mir untersuchten Säugern habe ich nichts darauf bezügliches gesehen. Da es mir nun höchst unwahrscheinlich ist, dass das Schaf alle in glatte Muskelfasern an seinen Alveolen haben sollte, die andern Säuger nicht, so halte ich vor der Hand daran fest, dass die Alveolen keine Muskelfasern haben und dass jene Kerne in der Alveolenwand der Schaf-Lunge bindegewebig sind.

Die von mir vertretene Auffassung und Schilderung der respirirenden Räume als verzweigte, ausgebuchtete blind endigende Canäle macht keinen Anspruch neu oder originell zu sein; sie ist nur eine Bestätigung der ursprünglich von SCHULZE aufgestellten und dann etwas von HENLE modificirten Ansicht. — Es sei mir gestattet zum bessern Verständniss ein wenig auf die älteren Vorstellungen zurückzugehen.

Man hat früher die Ansicht gehegt, dass die Bronchien sich verästelten und dass je ein feinstes Aestchen in ein einziges Lungenbläschen, eine blinde Erweiterung des Astes überging (REISSEISEN 1803).

1) Ich habe keinen Versuch gemacht, das Epithel der Alveolen nach solchen Schnittbildern zu zeichnen. Dass ein Epithel existirt, davon kann man sich an derartigen Präparaten durch Verschiebung der Schraube überzeugen, es treten dann je nach der Lage die Zellen hervor oder nicht.

Man dachte sich den Bau der Lunge so wie den Bau der traubenförmigen Drüsen oder etwa wie die embryonale Lunge mit ihren provisori- schen Lungenbläschen.

Nach einer anderen späteren Auffassung sollten eine Anzahl der Lungenbläschen mit einander zusammenhängen und zwar so, dass dadurch ein grösserer Raum gebildet werde, zu welchen ein Bronchial- ästchen führte (MAGENDI, RAINEY, ROSSIGNOL, ADRIANI u. andre). ROSSIGNOL war es, der jene Gruppen von Lungenbläschen als ein *Infundibulum* und die Ausbuchtungen als *Alveoli* bezeichnete. — Die ROSSIGNOL'sche Abhandlung habe ich leider nicht einsehen können, ich kenne nur die Copie einer ROSSIGNOL'schen Zeichnung aus dem Aufsatz von TH. WIL- LIAMS in der *Cyclopaedia of Anatomy and Physiology* ed. by TODD (Vol. V. London 1854 — 1859 p. 258 u. ff.). Es sehen aber die ROSSIGNOL- schen *Infundibula* ganz anders aus als die der deutschen Anatomen und Histologen. In den deutschen Hand- und Lehrbüchern erscheint das *Infundibulum* als ein wirklicher »Trichter« oder als ein mit Al- veolen besetzter Kegel. Ich bin nicht im Stande gewesen, das Original zu der bei HOFFMANN befindlichen Figur (l. c. p. 764) zu entdecken. Auf welche Weise und von woher nun gerade diese Auffassung des Lungenbaus, diese Anschauung des Uebergangs eines Bronchial-Astes in ein kegelförmiges *Infundibulum* — allmählig überall Eingang gefunden hat, trotzdem sich dieselben weder an Schnittpräparaten noch an Corrosionspräparaten erweisen lässt, ist mir nicht verständlich. — Von ROSSIGNOL stammt nichts als der Name und überdies hat KÖLLIKER bereits in seiner mikroskopischen Anatomie (l. c. p. 309) schon darauf hingedeutet, dass nicht die geringste Nöthigung vorhanden sei, die Gruppe von Lungenbläschen — den kleinsten Läppchen der Drüsen entsprechende Gebilde — mit dem Namen *Infundibula* zu bezeichnen. Wenn ich die Fig. 281 KÖLLIKER's mit der geläufigen Figur des *Infundibulum* vergleiche, so scheint es mir, als ob die Kegelform des *Infundibulum*s der Handbücher daraus hervorgegangen, dass man KÖLLIKER's Figur nicht verstanden hat. KÖLLIKER zeichnet zwei Lungenläppchen, welche aus einer Anzahl kleiner Alveolengruppen bestehen — nur diese kleinen Alveolengruppen wären den *Infundibula* ROSSIGNOL's zu vergleichen — so fasst es KÖLLIKER selbst auf, nicht aber dem ganzen Läppchen. Bei HOFFMANN und anderen hat aber das *Infundibulum* grosse Aehnlichkeit mit den Umrissen des Läppchens. Wenn ich nun KÖLLI- KER's ausführliche Darstellung (l. c. p. 309 u. 310) durchlese, so muss ich es aussprechen, dass dieselbe gar nicht so sehr, als auf den ersten Blick erscheint, von derjenigen abweicht, welche SCHULZE in der Folge gab. Das was jedoch der KÖLLIKER'schen Auffassung fehlt, das brachte

FR. E. SCHULZE mit glücklicher Hand hinzu: die Unterscheidung zwischen den kleinsten Bronchioli und den mit Alveolen versehenen respirirenden Gängen oder Canälen.

SCHULZE lehrte (l. c. p. 464 u. ff.), die kleinsten Bronchien gehen in röhrenförmige Gänge über, welche sich spitzwinklig dichotomisch theilen und blind endigen, die Gänge sind nicht mit gleichmässigen Wänden versehen, sondern mit zahlreichen aneinander stossenden Hohlzellen (Alveolen), welche in das Lumen der Gänge sich öffnen. Diese Gänge nannte SCHULZE Alveolengänge, sie bezeichnete er als die eigentlich respirirenden Räume. — Es ist ganz entschieden das Verdienst SCHULZE's gerade durch das Betonen der Alveolengänge mit einem Mal ein helles Licht über den Bau der Lunge verbreitet zu haben. Die eingehendste Würdigung hat die Auffassung SCHULZE's durch HENLE (Eingeweidelehre 2. Auflage 1873 p. 287) erfahren, welcher die Existenz jener Canäle bestätigte und den Namen »Alveolargänge« adoptirte¹⁾.

Nur in einem Punkte weicht HENLE von SCHULZE ab, und wie ich zugeben muss, mit vollem Recht. SCHULZE sagt, die Alveolengänge enden blind mit kleinen, meistens trichterförmig sich erweiternden Endausläufern und ähnlich trichterförmig gestalteten kurzen seitlichen Aestchen; beide wurden wegen ihres verhältnissmässig engen Eingangs und weitem Grunde »Infundibula« genannt. — Vergleicht man die beiden SCHULZE'schen Figuren 125 u. 126, so tritt die beschriebene Trichterform keineswegs scharf hervor. — Beide Figuren sind ohne Zweifel naturgetreu gezeichnet. — Es macht nun HENLE die richtige Bemerkung, dass die Endästchen der Canäle mit den Aiveoli gar keine Trichterform besässen, dass deshalb gar keine Nöthigung vorläge, die Endästchen mit dem besonderen Namen »Infundibula« zu benennen. HENLE lässt daher den Namen und auch den Begriff des Infundibulum gänzlich bei Seite und hat damit gewiss etwas durchaus Nachahmungswerthes gethan. Ich habe bei der oben von mir gelieferten Schilderung der respirirenden Hohl-Räume nur von blind endigenden mit Alveolen besetzten Canälen gesprochen. Ich bin der Ueberzeugung, dass SCHULZE in dieser Aenderung seiner Darstellung keine Schmälerung seiner Verdienste sehen wird.

Es ist jedenfalls nothwendig, dass die von SCHULZE in die deutsche anatomische Literatur eingeführte Darstellung der respirirenden Hohlräume baldigst gehörige Anerkennung finde und dass solche Bilder wie jene grossen Infundibula bei HOFFMANN aus den Handbüchern der Ana-

1) SCHULZE sagt Alveolengänge, HENLE Alveolargänge; ich habe die Bezeichnung SCHULZE's beibehalten, obgleich die HENLE'sche Correctur mir ganz richtig erscheint.

tomie verschwinden. SCHULZE macht bereits in einer Anmerkung (l. c. p. 465) darauf aufmerksam, dass ähnliche Darstellungen vom Bau der Lunge, wie die seinige, sich schon bei englischen und französischen Autoren finden: es werden LEREBoullet, ADDISON, ROSSIGNOL, LE FORT, WILLIAMS angeführt. Ich möchte noch besonders verweisen auf die Dissertation von ADRIANI (*de subtiliori pulmonum structura*, Trajecti ad Rhenum 1847) und die beigefügte Fig. 43, sowie auf HOUGHTON WATERS (*The anatomy of the human lung*. London and Liverpool 1860) und die darin enthaltenen Figuren 44, 45, 46, 47.

Zum Schlusse einige Worte über das von mir benutzte Material. An Embryonen konnte ich eine grosse Serie benutzen vom Schaf und zwar von 46—250 Mm. Grösse, dann einige Embryonen vom Rind, Schwein, Pferd, Kaninchen, Maus. Die kleinen Embryonen waren in toto durch eine wässrige Lösung von Chromsäure gehärtet, bei den grössern wurde die Lunge isolirt der Chromsäure-Wirkung ausgesetzt. Als Färbemittel diente vor allem Carmin, daneben auch Eosin. — Von erwachsenen Säugethieren untersuchte ich ferner noch die Lunge von Hund, Katze, Ratte, Meerschweinchen, Igel, Maulwurf, daneben die Lungen derselben Species, deren Embryonen verarbeitet wurden. — Menschliche Lungen wurden, weil mir hier kein hinreichendes frisches Material zu Gebote steht, nur gelegentlich untersucht. Ich hebe nochmals hervor, dass übersichtliche Präparate am leichtesten bei kleinen Thieren, z. B. bei Mäusen zu gewinnen sind.

Dorpat, 48/30. November 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

Fig. 1. Aus der Lunge eines Schaf-Embryo von 120 Mm. bei 80fach. Vergrößerung gezeichnet

- a* Bronchiolus,
- b* provisorisches Lungenbläschen,
- c* Beginn der Entwicklung eines provisorischen Lungenbläschens.

Fig. 2. Aus demselben Embryo bei 300facher Vergrößerung. *a*, *b*, wie Fig. 1.

Fig. 3. Aus der Lunge eines Schaf-Embryo von 230 Mm. bei 80facher Vergrößerung.

- a* Bronchiolus,
- d* Alveolengänge.

Fig. 4. Aus demselben Embryo bei 300facher Vergrößerung.

- a* Bronchiolus,
- d* Anfang eines Alveolengangs.

Fig. 5. Aus der Lunge einer Maus, bei 80fach. Vergrößerung, der Übergang eines kleinen Bronchialastes in Bronchioli (*a'*, *a'*) und in Alveolengänge (*d*) darstellend.

Fig. 6. Aus derselben Lunge bei 300facher Vergrößerung.

- a* Bronchiolus,
- b* Alveolengänge.

* Fig. 7. Aus der Lunge eines Pferdes, den Uebergang eines Bronchiolus in Alveolengänge darstellend. Vergrößerung 300.

- a* Bronchiolus mit Epithel,
- e* die Schicht der glatten Muskelfasern im Querschnitt.

Fig. 1.

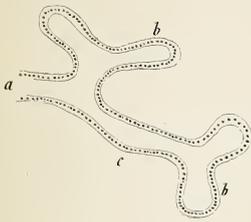


Fig. 2.

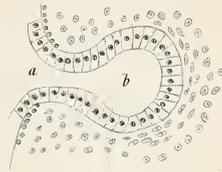


Fig. 3.

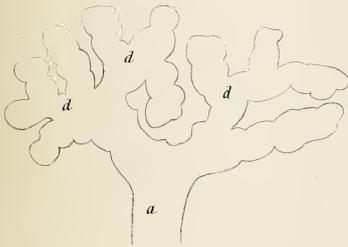


Fig. 4.



Fig. 7.

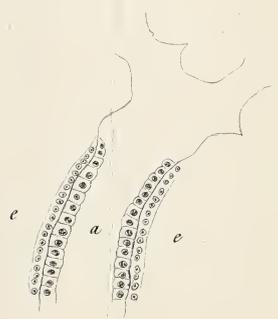


Fig. 6.

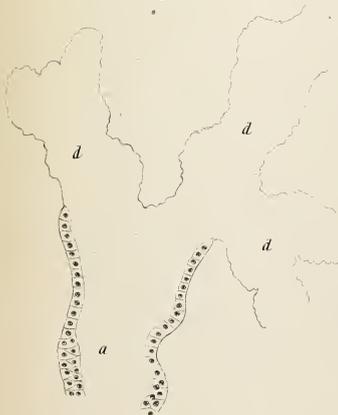
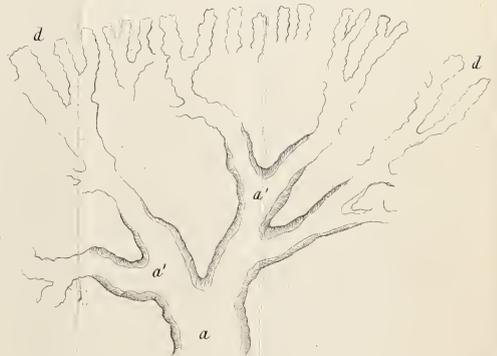


Fig. 5.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [30 Supp](#)

Autor(en)/Author(s): Stieda Ludwig

Artikel/Article: [Einiges über Bau und Entwicklung der Säugethierlungen 106-122](#)