Ungleichmässiges Wachsthum als formbildendes Princip der Knochen.

Eine Erwiderung an Herrn Prof. Stieda in Dorpart.

Von

Dr. Z. J. Strelzoff,

Docent der Embryologie an der kaiserlichen Universität Charkow.

In der neuesten Zeit sind die in Wachsthum begriffenen Knochen zum Gegenstand allseitiger und eingehender Untersuchungen geworden. Die von verschiedenen Forschern und nach verschiedenen Untersuchungsmethoden angestellten Beobachtungen haben aber zu Resultaten geführt, welche in Betreff des Wachthumsmodus der Knochen in einem directen Widerspruch mit einander stehen. Jede Bestrebung, neue Thatsachen vorzubringen oder für die alten eine passende Erklärung zu finden darf also als wünschenswerth betrachtet werden.

Vor drei Jahren hat Stieda eine Arbeit über »die Bildung des Knochengewebes« (Leipzig, Engelmann. 1872) publicirt und neuerdings fortgesetzte Studien geliefert ¹⁾, welche er über denselben Gegenstand und mit »besonderer Rücksicht« auf einige mit seiner Abhandlung ziemlich gleichzeitig erschienenen Arbeiten unternommen hat. Aus dieser Arbeit Stieda's ergibt sich, dass die von ihm mitgetheilten Untersuchungen speciell zu dem Zweck angestellt worden sind, um die Ergebnisse meiner Arbeit »Ueber die Histogenese der Knochen« ²⁾ einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Da

1) Dieses Arch. 1875. Bd. XI. Studien über die Entwicklung der Knochen und des Knochengewebes.

2) Untersuchungen aus dem pathologischen Institut zu Zürich. Herausgeg. v. Eberth. 1873. 1. Heft.

eine eingehende wissenschaftliche Discussion nur zur Aufklärung der discutirten Frage beitragen kann, so betrachte ich die Stieda'sche Mittheilung als willkommen.

Aus den Untersuchungen Stieda's geht Folgendes, als Gesamteresultat, hervor: Alles, was man in meiner Arbeit für gültig, richtig, oder brauchbar halten kann, und was den grössten Theil meiner Schrift ausmacht, ist schon früher von anderen Forschern und nämlich von Lovén und Uranossow geleistet worden; das Uebrige aber, was als irrthümlich oder unrichtig sich erweist, gehört mir an. Diese letztere Partie meiner Untersuchungen betrifft:

1. Die primitive Anlage des Unterkiefers,
2. Das Schicksal des Meckel'schen Knorpels,
3. Das Vorkommen des metaplastischen Ossificationstypus,
4. Den Wachsthumsmodus der Knochen.

Bei der Discussion der aufgestellten Fragen will ich es versuchen möglichst kurz zu sein und nur das Wichtigste zu berühren.

I. Primitive Anlage des Unterkiefers.

Meine Untersuchungen über die primitive Anlage des Unterkiefers haben mich zu dem Resultate geführt, dass der Angulus Maxillae, der ganze Processus condyloideus, eine Partie des Proc. coronoideus, die Incisura semilunaris und bei einigen Thieren (Mensch, Kaninchen) das vordere Ende des Proc. alveolaris knorpelig vorgebildet sind. Was aber die mittlere Partie des Proc. alveolaris betrifft, so war es mir unmöglich mit voller Sicherheit zu ermitteln, ob die primitive Anlage der betreffenden Knochenpartie aus Knorpel oder bindegewebiger Membran bestehe. Aus den in meiner Arbeit angeführten Gründen musste ich mich positiver Angaben enthalten und meine Meinung nur als Vermuthung aussprechen. Ich habe als höchst wahrscheinlich angenommen, dass der ganze Unterkiefer knorpelig präformirt ist.

Im Gegentheil zu meiner Vermuthung behauptet Stieda, dass der Unterkiefer von Säugethieren aus bindegewebiger Grundlage entstehe und dass die knorpeligen Bestandtheile des Unterkiefers, welche er »accessorische Knorpelkerne« nennt, erst später, im Verlauf der Bildung des knöchernen Unterkiefers, auftreten. Aus den Beobachtungen Stieda's, welche seine Meinung beweisen sollen, kann man Folgendes ersehen:

A. Was die Kaninchen- und Schweinembryonen betrifft, an welchen ich hauptsächlich meine Untersuchungen angestellt habe, so hat er an den genannten Embryonen nur »ein einziges« Entwicklungsstadium beobachtet und folglich kaum ein Recht die von ihm erhaltenen Resultate zur Widerlegung meiner Angaben anzuführen. Ausserdem war der von ihm untersuchte Kaninchenembryo zu alt (8 Cm.), um für die Ermittlung der primitiven Anlage des Unterkiefers brauchbar zu sein. — Bei dem 5 Cm. langen Schweinembryo war der Unterkiefer »fast in allen seinen Theilen« schon knöchern angelegt und zeigte keine Spur von Knorpelkernen. Diesen Befund betrachtet Stieda als »sehr wichtig«, da derselbe mit meinen Angaben über die primitive Anlage des Unterkiefers, sowie mit dem, was ich bei einem ungefähr gleich alten Schweinembryo (5,5 Cm.) beobachtet und abgebildet habe (l. c. Taf. III Fig. 14) in thatsächlichem Widerspruch steht. Es wäre also wünschenswerth, eine detailirte Beschreibung des von Stieda untersuchten Präparats zu haben; es wäre von Interesse, über die Verhältnisse, in welchen diese »fast alle« knöchernen Theile des Unterkiefers zu dem umgebenden Gewebe stehen, das Nähere zu wissen, sowie sich ein klares Bild von dem am Ossificationsgebiet vor sich gehenden Ossificationsprocess zu verschaffen. Alle diese Desiderata fehlen ganz und gar. Stieda hält sogar für überflüssig in's Klare zu bringen, was er unter den »fast allen Theilen« des Unterkiefers versteht. Da Stieda mit dieser Beobachtung meine Ergebnisse widerlegen will und die von ihm bei der Untersuchung des betreffenden Unterkiefers erzielten Resultate für sich als wichtig betrachtet, so hätte er doppelte Veranlassung gehabt, eine genaue Schilderung seiner Präparate zu geben und die Art und Weise genau zu beschreiben, wie die schon vorhandenen Knochenbalken entstanden sind.

B. Aus einer Reihe von Untersuchungen, welche Stieda an Katzenembryonen angestellt hat, ist Folgendes zu ersehen: An dem jüngsten Embryo (2 Cm. Länge) erschien die knöcherne Anlage des Unterkiefers als eine dünne Knochenlamelle (S. 245). — An einem älteren Embryo (4,5 Cm.) fand Stieda zwei Knochenlamellen, eine »mediale« und eine »laterale«. An diesem Präparat kann man bereits die erste bindegewebige Anlage des Proc. condyloideus und des Angulus Maxillae erkennen (S. 246). — Bei einem nun etwas älteren Embryo (5,5 Cm.) erscheinen zwei deut-

liche Knorpelkerne (S. 246). „Der eine Knorpelkern entspricht dem Winkel, der andere dem Gelenkfortsatz des Unterkiefers.“ Beide sind „zum Theil durch Bindegewebe, zum Theil durch Knochengewebe von einander getrennt (S. 248)“. — Bei den Embryonen des ältesten Entwicklungsstadiums (8 Cm.) sind die Knorpelkerne im Angulus und im Proc. condyloideus bedeutend gewachsen. „Sie zeigen wie im früheren Stadium nach der einen Richtung die Zeichen des Wachstums, nach der anderen die Zeichen der Atrophie in Folge des nachrückenden Knochengewebes (S. 249).“

Die Beobachtungen an Katzenembryonen scheinen also, nach Stieda, zu Gunsten der bindegewebigen Anlage des Unterkiefers zu sprechen. Solche Bilder habe auch ich gesehen, aber als Trugbilder erkannt. Die Untersuchung des Unterkiefers von sehr kleinen Embryonen bietet ungemeine technische Schwierigkeiten, welche man besonders bei der Schnittführung erfährt. Die den Unterkiefer zusammensetzende Theile sind dünn und etwas gebogen, so dass ein mit der Längsaxe des Alveolarfortsatzes zusammenfallender Schnitt fast unmöglich ist. Ausserdem sind die knorpeligen Bestandtheile des Unterkiefers nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleich dick: die beiden Knorpel sind an ihren freien Enden knopfförmig verdickt. Führt man einen Längsschnitt durch einen so kleinen Alveolarfortsatz, so fällt der Schnitt fast nie der Knochenaxe parallel und kann nicht alle den Unterkiefer zusammensetzenden Theile treffen. Man kann möglicherweise die Präparate zu Gesicht bekommen, an welchen nur Knochen und Bindegewebe, aber kein Knorpel vorhanden ist. In anderen Fällen sieht man ein scheibenförmiges Stück Knorpel (knopfförmige Verdickung), welches von dem knöchernen Theil des Unterkiefers durch eine Schicht Bindegewebe getrennt ist. Zufällig kann man auch Präparate erhalten, an welchen Knorpel und Knochen nebeneinander liegen und ohne scharfe Grenze in einander übergehen.

C. Was die Mäuseembryonen betrifft, so standen Stieda drei verschiedene Entwicklungsstadien zu Gebote. An dem jüngsten Embryo (1 Cm. Länge) „war von einer knöchernen Anlage des Unterkiefers keine Spur; dagegen war der Meckel'sche Knorpel schon unzweifelhaft zu unterscheiden (S. 249).“ Was aber an Stelle des zukünftigen Unterkiefers vorhanden war, darüber gibt Stieda keinen Aufschluss. Er hat gerade denjenigen Punct mit Stillschweigen übergangen, welcher am meisten interessant und für die Be-

stätigung seiner Behauptung am wichtigsten ist. — Bei den Embryonen der folgenden Stufe (1,3 Cm.) besitzt der Unterkiefer sowohl im Winkel, als im Gelenkfortsatz „einen verhältnissmässig nicht kleinen Knorpelkern“, die beiden sind durch Knochengewebe getrennt (S. 250). — Bei den Embryonen des dritten und ältesten Stadiums (1,8 Cm.) sind „die schon früher erwähnten Knorpelkerne deutlich wahrzunehmen (S. 251).“ — Damit sind die Untersuchungen Stieda's über die erste Anlage des Unterkiefers geschlossen.

Nun entsteht die Frage, ob wir aus den angeführten Angaben Stieda's mit Nothwendigkeit den Schluss ziehen müssen, dass der Unterkiefer aus bindegewebiger Grundlage entsteht? Das glaube ich nicht. Die ganze Geschichte von den „accessorischen Knorpelkernen“ war mir schon bei Beginn meiner Untersuchungen recht gut bekannt. Kölliker hat dieselbe in ein paar Zeilen zusammengefasst: „Bemerkenswerth ist auch,“ sagt Kölliker, „dass obschon der Unterkiefer nicht knorpelig vorgebildet ist, doch später am vorderen Ende, sowie am Gelenkkopfe, beim Kalbe auch am Winkel, Knorpelbelege sich entwickeln und wie bei einem Röhrenknochen das Längenwachsthum besorgen (Entwicklungsgeschichte, 1861. S. 217).“ Bei meinen Untersuchungen habe ich die Angaben Kölliker's wohl in's Auge gefasst, jedoch schienen die von mir gesehenen und beschriebenen Bilder für meine Annahme so günstig, dass ich mir dieselbe (und nur als Vermuthung!) auszusprechen erlaubt habe. Ich kann mich möglicherweise geirrt haben und bin bereit meine Meinung zu ändern, sobald bestimmte Thatsachen vorliegen, welche das Gegentheil beweisen.

Da Stieda die von mir angeführten Schwierigkeiten und Fehlerquellen bei seinen Untersuchungen nicht in Betracht gezogen oder wenigstens nicht erwähnt, die feineren Ossificationsvorgänge nicht genau beschrieben und eine klare Darstellung der gröberen Verhältnisse vernachlässigt hat, so verlieren seine Schlussfolgerungen an Werth, so dass ich seine Angaben nicht für überzeugend halte. Er wird mir also verzeihen, wenn ich bei der von mir früher ausgesprochenen Meinung so lange verharre, bis weitere und genauere Untersuchungen dieses dunkle Gebiet der Entwicklungsgeschichte des Unterkiefers aufklären.

II. Schicksal des Meckel'schen Knorpels.

Aus meinen Untersuchungen hat sich ergeben, dass der Meckel'sche Knorpel an der Bildung des Unterkiefers keinen Theil nimmt und während des embryonalen Lebens spurlos verschwindet. Was aber den elementaren Process betrifft, welcher den Schwund dieses Gebildes begleitet, so konnte ich denselben nicht mit Sicherheit ermitteln. Es schien mir aber sehr wahrscheinlich, dass der Meckel'sche Knorpel durch eine successive Auflösung seiner peripheren Knorpelzellen in das umgebende Bindegewebe verloren geht. Durch seine Untersuchungen ist Stieda im Gegentheil zu dem Schlusse gekommen, dass dieser knorpelige Fortsatz sich an der Bildung des Unterkiefers betheiligt und in den Bestand dieses Knochens eintritt. Der ganze Entwicklungsprocess des Meckel'schen Knorpels, nach dessen Ablauf dieses Gebilde zum Bestandtheile des Unterkiefers wird, bezeichnet Stieda mit dem Namen der „Atrophie“ des Meckel'schen Knorpels.

Die Bethheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers geschieht, nach Stieda, folgendermassen: „Der Meckel'sche Knorpel beginnt zu atrophiren (S. 246).“ „Die dicker werdende mediale Lamelle (die dem Meckel'schen Knorpel am nächsten liegende Knochenlamelle des Alveolarfortsatzes. Verf.) tritt dabei direct an den Meckel'schen Knorpel heran und da derselbe der weiteren Ausbreitung des Knochengewebes im Wege ist, so wird er zur Atrophie gebracht (S. 247).“ Der „Schwund“ des Meckel'schen Knorpels erfolgt nicht auf ein Mal in der ganzen Länge desselben, sondern nur an der Stelle des „Zusammenstosses“ des Knorpels mit der medialen Knochenlamelle, d. h. in der Mitte des Alveolarfortsatzes. Später schreitet der Process von der Mitte aus nach vorn und hinten fort, je nachdem die mediale Knochenlamelle mächtiger wird, den im Wege stehenden Knorpel zum Schwunde bringt und an seine Stelle tritt. Die Art und Weise, wie der Meckel'sche Knorpel unter dem Drucke der wachsenden medialen Lamelle schwindet, ist folgende: „Dort, wo wirkliches (?) Knochengewebe dem Knorpelgewebe anliegt, beginnt vor Allem eine Ablagerung von Kalkkrümeln in der Grundsubstanz des Knorpels (S. 247).“ Die aufgeblähten Knorpelzellen verfallen endlich der Resorption und verschwinden somit. Der durch die Auflösung des

Knorpels freigewordene Raum wird durch das hineingewucherte Bildungsgewebe eingenommen (nicht mehr durch die heranrückende Lamelle? Verf.). »Durch Vermittelung des jungen Bildungs- und Markgewebes entsteht dann an der Stelle des früheren Meckel'schen Knorpels Knochengewebe, welches anfangs wegen der hie und da noch stehenden Knorpelgrundsubstanz ein anderes Aussehen hat, als das umgebende Knochengewebe (S. 248).« Diese Schilderung der Entwicklungsgeschichte des Meckel'schen Knorpels bezieht sich auf einen 5,5 Cm. langen Katzenembryo.

Bei einem älteren Katzenembryo (8 Cm.) hat der Meckel'sche Knorpel an Grösse zugenommen. Der vordere und hintere Theil derselben ist noch unverändert. »In der Mitte ist er breit (?), völlig geschwunden (?) und neugebildetes Knochengewebe (nicht die mediale Knochenlamelle? Verf.) ist an seine Stelle getreten, wie bereits oben bemerkt. Durch seine charakteristische Anordnung kenntlich, lässt das Knochengewebe leicht den früheren Platz des Meckel'schen Knorpels auffinden (S. 249).«

Bei einem 1,8 Cm. langen Mäuseembryo hat Stieda Folgendes gefunden: »Eine kleine Strecke nach hinten (von seinem vorderen, unpaarigen Mittelstück. Verf.) beginnt der Meckel'sche Knorpel zu atrophiren; dann ist er eine kurze Strecke ganz verschwunden (ganz und gar? Verf.).« An den successiven Querschnitten des übrig gebliebenen Knorpels sieht man Folgendes: »Die mediale Lamelle, welche bereits bei den Embryonen der vorangehenden Stufe dem Meckel'schen Knorpel in einer gewissen Ausdehnung direct anlag, bringt ihn hier zum Theil zum Schwunde, zum Theil ist sie (nicht mehr das hineingewucherte Bildungsgewebe? Verf.) schon an die Stelle des resorbirten Knorpels getreten (S. 250).« »Man findet hier bei Durchmusterung einer Schnittserie von vorn nach hinten alle Stadien der Atrophie des Meckel'schen Knorpels, bis sich endlich statt des Knorpels ausgebildetes Knochengewebe zeigt (nicht mehr die mediale Lamelle? Verf. S. 250).«

Bei einem 8 Cm. langen Kaninchenembryo ist der Meckel'sche Knorpel in seinem mittleren Abschnitt zum Theil im Zustande der Atrophie, zum Theil ist er bereits durch Knochengewebe ersetzt (durch neugebildetes oder durch die mediale Lamelle? Verf.). Bei der Zusammenfassung der Resultate seiner Beobachtungen hebt Stieda besonders den Umstand hervor, dass die mediale Knochenlamelle es ist, »welche das Gewebe des Meckel'schen Knorpels

zum Schwunde bringt (S. 258)« und »dass der Meckel'sche Knorpel bei seinem Schwund sich gerade so verhält, wie der Verkalkungsrand eines knorpelig präformirten Skelettheils (? S. 257).«

Ich habe mich bemüht, die von Stieda am Meckel'schen Knorpel beobachteten Entwicklungsvorgänge so klar darzustellen, als es mir möglich war; ich weiss aber nicht gewiss, ob dies mir gelungen sei, da eine zusammenhängende Beschreibung dieser Vorgänge in der Stieda'schen Schrift nicht existirt. Um ein Gesamtbild der von ihm beobachteten Erscheinungen dem Leser zu verschaffen, musste ich also die in seiner Mittheilung zerstreuten Sätze zusammenbringen und wo möglich, der Genauigkeit wegen, mit seinen eigenen Worten wiedergeben.

Wie ist nun der von Stieda am Meckel'schen Knorpel beschriebene Vorgang zu verstehen? Ich muss offenherzig gestehen, dass mir ein genaues Verständniss desselben ganz und gar fehlt und nämlich aus folgenden Gründen:

A. Es handelt sich, nach Stieda, um eine Theilnahme des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers. Der Knorpel muss also nach irgend einem Modus ossificiren und zum Bestandtheil des Unterkiefers werden. Stieda lässt aber eine Verknöcherung dieses Knorpels nicht zu; von einer Ossification dieses Gebildes ist keine Rede. Er spricht von einem »Schwund«, von einer »Atrophie« des Meckel'schen Knorpels, aber diese Atrophie ist der Art, dass nach dem Ablauf des atrophischen Processes Knochen erscheint. Die elementaren Vorgänge dieser sonderbaren Atrophie sind nicht beschrieben und die einzige Erklärung, welche Stieda über diesen Gegenstand gibt, ist sehr allegorisch; er sagt nämlich: »Dass die Autoren von einer Verknöcherung der später erscheinenden Knorpelmassen reden, während ich von einer Atrophie derselben gesprochen habe, bedeutet keinen Gegensatz; es ist das ein Ausdruck, welcher sich auf die damaligen Anschauungen über die Bildung des Knochengewebes aus dem Knorpel gründet (S. 254).« Da die feineren Vorgänge des ganzen Entwicklungsganges, durch welchen der Meckel'sche Knorpel zum Unterkiefer wird, von Stieda nicht geschildert sind, so bleibt nichts übrig, als zu versuchen, nach den von ihm skizzirten groben Erscheinungen sich ein möglichst klares Bild des Processes darzustellen.

B. Nach Stieda wird der Meckel'sche Knorpel durch die an Dicke zunehmende mediale Knochenlamelle zum »Schwunde«

gebracht. Diese Lamelle tritt also, nach ihm, an die Stelle des geschwundenen Knorpels. Wir wissen ja aus der Physik, dass zwei Körper nicht zu gleicher Zeit einen und denselben Raum einnehmen können, so muss der Meckel'sche Knorpel entweichen oder schwinden, um der heranrückenden Knochenlamelle Platz zu machen. Nach dem Ablauf des ganzen Processes muss also die betreffende Knochenlamelle an der Stelle des früher da vorhanden gewesenen und schon geschwundenen Knorpels liegen. Bis jetzt sind die Verhältnisse klar. Eine Schwierigkeit besteht nur darin, dass bei einer solchen Lage der Dinge der Meckel'sche Knorpel unmöglich zu einem Bestandtheil des Unterkiefers werden kann; und wenn Stieda das Gegentheil behauptet und von einer Betheiligung spricht, so kann man diese Schwierigkeit etwa nur dadurch beseitigen, wenn man seine Allegorie über die »Atrophie« des Meckel'schen Knorpels in's Auge fasst. In solchem Falle muss der Satz über die Betheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers folgender Weise formulirt werden: »Dass die Autoren von einer Nichtbetheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers reden, während Stieda von einer Betheiligung desselben spricht, bedeutet keinen Gegensatz; es ist das ein Ausdruck, welcher sich auf die damaligen Anschauungen über die Nichtbetheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers gründet.« Ich habe den Gedanken Stieda's folgender Weise verstanden: Wenn ich an der Thüre meines Zimmers stehe und meinem Freunde den Zutritt in mein Zimmer wehre, so muss ich von der Thüre entweichen oder schwinden, um meinen Freund hineinspazieren zu lassen; durch mein Entweichen oder Schwinden habe ich also an dem Hineingehen meines Freundes Theil genommen. Der Meckel'sche Knorpel theiligt sich also an der Bildung des Unterkiefers durch seinen Schwund.

C. So wahrscheinlich diese meine Erklärung zu sein scheint, so schwierig ist dieselbe mit den anderen Angaben Stieda's in Einklang zu bringen. Obwohl Stieda hervorhebt, dass die mediale Lamelle es ist, welche den Meckel'schen Knorpel zum Schwunde bringt und an seine Stelle tritt, doch findet man nach dem Ablauf dieses Processes an der betreffenden Stelle Knochengewebe, welches durch »Vermittelung« des hineingewucherten Bildungsgewebes entstanden ist und »hie und da«

zerstreute Knorpelreste enthält. Da eine genaue Schilderung der Ossificationsvorgänge in der Mittheilung Stieda's gänzlich fehlt, so lasse ich diese Frage unerörtert und will nur darauf aufmerksam machen, dass Stieda auf zweierlei Weise die Betheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers beschrieben hat: 1) Der Meckel'sche Knorpel »schwindet«, an seine Stelle tritt das intramembranär gebildete Stück des Alveolarfortsatzes. 2) Der Meckel'sche Knorpel »atrophirt« und bringt durch »Vermittelung« des Bildungsgewebes Knochengewebe zu Stande. Man kann aber noch eine dritte Möglichkeit zulassen, dass die eine Partie dieses Fortsatzes vielleicht auf die erste und die andere auf die zweite Weise an der Bildung des Unterkiefers Theil nimmt. Ein solcher Schluss wäre aber willkürlich, da Stieda den ganzen Process der Betheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers unter dem gemeinschaftlichen Namen der »Atrophie« zusammenfasst. Es wäre aus manchen Gründen sehr interessant, das Nähere über diesen Vorgang zu wissen, um so mehr, als der Schwund des Meckel'schen Knorpels immer an der Stelle des »Zusammenstosses« desselben mit der medialen Knochenlamelle beginnt und der Knorpel bei seinem Schwund sich »gerade so« verhält, wie der Verkalkungsrand eines knorpelig vorgebildeten Knochens. Es wäre also wünschenswerth, die Art und Weise zu wissen, wie durch den »Zusammenstoss« der beiden Gebilde ein Verkalkungsrand entsteht.

D. Ferner beruft sich Stieda auf seine Abbildungen, indem er sagt, dass ich der Entwicklung des Unterkiefers keineswegs die nöthige Aufmerksamkeit geschenkt habe, sonst könnten mir die von ihm gezeichneten Bilder nicht entgehen. Die von Stieda abgebildeten Präparate sind den Katzen- und Mäuseembryonen, also solchen Thieren entnommen, an welchen ich keine Gelegenheit gehabt habe, die Entwicklung des Unterkiefers zu studiren. Nichtsdestoweniger erlaube ich mir mein Urtheil dahin auszusprechen, dass ich an den Stieda'schen Abbildungen nicht das Geringste von dem finde, was Stieda bei der Auseinandersetzung seiner Untersuchungen gesagt hat. a) Betheiligt sich der Meckel'sche Knorpel an der Bildung des Unterkiefers durch seinen Schwund, soll die mediale Lamelle an seine Stelle treten, so würden wir eine solche Stelle finden, an welcher, anstatt des früher da gewesenen und schon verschwundenen Stück Knorpels, das intramembranär entstandene

Stück Knochen liegt; — eine solche Stelle finden wir aber an den Abbildungen nicht, dieselbe wird sogar in der Erklärung der Abbildungen nicht bezeichnet. — b) Soll der Meckel'sche Knorpel bei der Bildung des Unterkiefers durch »Vermittlung« des Bildungsgewebes in Knochen übergehen, so würden wir an der Stelle des früheren Knorpels auf irgend einen Modus gebildetes Knochengewebe mit »hie und da« zerstreuten Knorpelresten finden. An den Abbildungen finden wir aber eine solche Stelle gar nicht und die Bezeichnung derselben fehlt in der Erklärung der Abbildungen. — c) Soll der Meckel'sche Knorpel bei seinem Schwund sich »genau so«, wie der Verkalkungsrand eines knorpelig vorgebildeten Knochens verhalten, so würden wir an den Stieda'schen Präparaten den Verkalkungsrand finden, — das ist aber auch nicht der Fall. Ich sehe an den Abbildungen nicht so etwas, was dem von mir beschriebenen und abgebildeten Verkalkungsrand ähnlich wäre, und die Stelle, an welcher der Verkalkungsrand sich finden soll, wird von Stieda nicht bezeichnet. Man darf aber nicht glauben, dass Stieda unter dem Verkalkungsrande etwas Anderes, als ich, verstehe; — an einer Stelle seiner Schrift sagt er ausdrücklich, dass die knorpeligen Bestandtheile des Unterkiefers »genau so« ossificiren, wie ich an anderen knorpelig ausgebildeten Knochen beschrieben habe; er ist also über die feineren Vorgänge der endochondralen Ossification mit mir einverstanden.

Bei der Beschreibung seiner Beobachtungen sagt Stieda, dass seine Untersuchungen eine wesentliche Lücke ausfüllen, »indem sie den Nachweis liefern, dass die Zellen des Meckel'schen Knorpels genau so verschwinden, wie die Zellen in anderen (?) atrophirenden (?) Knorpeln« und dass er die Angaben »Aller« (?) zu bestätigen vermochte, »nur mit den Mittheilungen Str.s« weiss er seine Resultate nicht zu vereinigen. — Für die Bethheiligung des Meckel'schen Knorpels an der Bildung des Unterkiefers vermisse ich in der Schrift Stieda's die zusammenhängende und verständliche Beschreibung sowie den thatsächlichen Beweis.

III. Vorkommen der metaplastischen Ossification.

So überraschend auch die Angaben Stieda's über das Schicksal des Meckel'schen Knorpels sind, so bieten dieselben nicht gerade dasjenige, was am meisten in die Augen fällt. Nachdem

Stieda seine Beobachtungen über die primitive Anlage des Unterkiefers und das Schicksal des Meckel'schen Knorpels in der oben angeführten Weise niedergelegt hatte, zog er folgenden merkwürdigen Schluss: »Ein directer Uebergang des Knorpelgewebes in Knochengewebe, eine Umwandlung der Knorpelzellen in Knochenkörperchen findet hier am Unterkiefer ebensowenig wie anderswo unter normalen Verhältnissen statt (S. 253).« Geht man aber auf das betreffende Kapitel zurück, in welchem Stieda die in Rede stehenden Beobachtungen auseinandersetzt, so kann man sich überzeugen, dass die Frage über metaplastische Ossification bisher noch gar nicht discutirt wurde. Dem betreffenden Kapitel schickt Stieda folgenden Satz voraus: »Auf den nachfolgenden Blättern theile ich die Resultate meiner Untersuchungen und Beobachtungen mit; ich werde daraus, wie ich gleich im Voraus bemerke, den Schluss ziehen, dass ein metaplastischer Ossificationstypus im Sinne Str.'s, eine directe Umwandlung des Knorpels in Knochen nicht existirt« und dass der Ossificationsprocess im Unterkiefer wie in der Spina Scapulae der Säugethiere »eben so« vor sich geht, wie in »anderen Skelettheilen (?).« Und wirklich hat Stieda auf einem der nachfolgenden Blätter den ausgesprochenen Schluss gezogen, ohne über die elementaren Ossificationsvorgänge, welche man am Gelenkfortsatz und Angulus Maxillae beobachtete, ein einziges Wort verloren zu haben. Was aber die Scapula betrifft, so war davon ja noch gar keine Rede.

Nachdem Stieda das Vorkommen des metaplastischen Ossificationstypus in der eben beschriebenen Weise niedergelegt hat, sucht er dem von ihm gezogenen Schlusse möglichst mehr Beweiskraft zu geben, indem er sagt: »Str. beschreibt auf pag. 46—48 (l. c. Taf. II Fig. 11. — Taf. III Fig. 14. — Taf. IV Fig. 20. Vrf.) seiner Abhandlung in ausführlicher Weise seine Ansichten und Beobachtungen an den zelligen Elementen des Knorpels und des Knochens, aus welchen er den Schluss eines directen Uebergangs der Knorpelzellen in Knochenkörperchen zieht. Ich halte eine Wiedergabe für unnöthig. Ich muss gestehen, dass ich nach häufigem Durchlesen dieses Passus und vielfachen Vergleichen meiner eigenen Präparate auch nicht das Geringste gefunden habe, was mich von der Richtigkeit der Str.'schen Angabe überzeugt hätte (S. 256).« Ohne irgend einen Beweis anzuführen, leugnet Stieda

die »Richtigkeit« der Angaben und stellt damit das Gewissen des Beobachters in Frage. Das ist keine Allegorie mehr!

Bei der Untersuchung des Unterkiefers von Menschen-, Kaninchen-, Schaf- und Schweinembryonen habe ich gefunden, dass das Gesamtbild eines durch den Gelenkfortsatz geführten Längsschnittes im höchsten Grade von dem Bilde, welches ich an Röhrenknochen beobachtete, abweicht. Der Unterschied besteht darin, dass die Gebilde, welche ich an knorpelig präformirten Knochen unter dem Namen der endochondralen Ossifications- und Grenzlinie, des Verkalkungsrandes und der Granulationsräume beschrieben habe, im Gelenkfortsatz des Unterkiefers fehlen. Durch diesen Befund wurden meine Anschauungen über endochondrale Ossification sehr gestört. Alle meine Bestrebungen, das beobachtete Bild richtig zu deuten, liessen mich anfangs im Stich. Das Fehlen der genannten Gebilde in einem wachsenden Knochen berechtigt uns aber noch gar nicht über den Ossificationsmodus des betreffenden Knochens ein bestimmtes Urtheil zu äussern. In knorpelig präformirten Vogelknochen geht die endochondrale Ossification unzweifelhaft neoplastisch vor sich, doch fehlen hier manche von den Gebilden, welche der neoplastischen endochondralen Ossificationsform der Säugethierknochen eigenthümlich sind. Es lag mir der Gedanke nahe, dass es bei der Verknöcherung der knorpeligen Bestandtheile des Unterkiefers sich nur um eine besondere Anordnung der Architecturelemente des werdenden Knochens handle und dass die elementaren Ossificationsvorgänge hier auch in solcher Weise, wie in anderen knorpelig vorgebildeten Knochen ablaufen. Nach einem genauen Studium der feineren Ossificationsvorgänge am Proc. condyloideus und Angulus Maxillae musste ich bald diese Meinung aufgeben. Ich habe meine Aufmerksamkeit auf die Interzellulärsubstanz und die zelligen Elemente des in Verknöcherung begriffenen Knorpels gelenkt und Eigenthümlichkeiten gefunden, welche ich an anderen knorpelig präformirten Knochen nicht beobachtet habe. Die von mir benutzte Tinctionsmethode (mit Karmin und Hämatoxylin) gibt ein sicheres Mittel ab, die Knochen- von der verkalkten Knorpelgrundsubstanz zu unterscheiden, indem die erstere roth, die letztere blau gefärbt wird. Ferner habe ich gefunden, dass die zwischen den Knorpelzellen und ihren Kapseln befindliche Substanz — Perizzellulärsubstanz — durch Hämatoxylin blau tingirt wird und dass in Knochenhöhlen keine

solche Perizellulärsubstanz existirt. Es war mir also möglich, in zweifelhaften Fällen die Knochen- von den Knorpelhöhlen zu unterscheiden.

Untersucht man das Ossificationsgebiet des Proc. condyloideus des embryonalen Unterkiefers an doppeltingirten Präparaten, so findet man, dass zwischen der rothen Knochen- und der blauen Knorpelgrundsubstanz keine scharfe Grenze existirt; man findet nämlich eine neutrale Zone, welche entweder gar nicht oder gemischt und hell gefärbt wird. Man kann hier nicht bestimmen, wo der Knochen beginnt und der Knorpel aufhört. Diese Zone betrachte ich als Uebergangsstelle, wo die Knorpelgrundsubstanz in Knochengrundsubstanz sich umwandelt. Untersucht man das Knochengewebe in der Nähe dieser neutralen Zone (Ossificationsgebiet), nämlich an der Stelle, wo die Zwischensubstanz intensiv roth gefärbt ist und für Knochengrundsubstanz gehalten werden muss, so beobachtet man, dass einige Zellen blau gefärbte Perizellulärsubstanz besitzen und als Knorpelzellen, oder als Uebergangsformen zwischen Knorpel- und Knochenzellen zu betrachten sind. An älteren Partien der Knochenbalken findet man diese blaue Perizellulärsubstanz nicht mehr.

Aus dieser kurzen Beschreibung kann man die thatsächliche Seite meiner Beobachtungen, sowie die Gründe ersehen, welche mich zur Annahme einer directen Knorpelverknöcherung geführt haben. Jetzt wie früher kann ich nicht die von mir beobachteten Erscheinungen besser erklären. Um die von mir gefundenen Eigenthümlichkeiten der wissenschaftlichen Kritik meiner Fachgenossen zu unterziehen, habe ich mich bemüht, das von mir Beobachtete genau zu beschreiben und durch zwei Abbildungen zu erläutern, von denen die eine ein Gesamtbild (l. c. Taf. II Fig. 11) und die andere das von mir beschriebene Detail (l. c. Taf. IV Fig. 20) des am Proc. condyloideus zu beobachtenden Ossificationsvorganges darstellt. — Besser wusste ich nicht zu verfahren.

Nun haben diese meine Beobachtungen in Stieda einen Gegner gefunden. Erlaubt sich Stieda mit solcher Schroffheit meinen Beobachtungen entgegenzutreten und die factische Seite derselben zu läugnen, ohne seine Behauptung durch irgend einen Beweis gestützt zu haben, so erlaube ich mir mein Urtheil dahin auszusprechen, dass wenn Stieda das von mir Beschriebene und Abgebildete an seinen Präparaten nicht gesehen hat, so hätte er Grund genug

gehabt, dasjenige genau auseinanderzusetzen, was er an seinen Präparaten gesehen hat; — das ist aber nicht geschehen! Findet Stieda die Schilderung meiner Beobachtungen, welche er zu widerlegen sucht, »ausführlich«, so müsste er noch eine ausführlichere liefern, das Beobachtete allseitig beschreiben, auf die feineren Ossificationsvorgänge anderer Skelettheile einen vergleichenden Blick werfen, eine zusammenhängende Reihe von Bildern an den Augen des Lesers vorüberführen und seine Behauptungen durch Präparate (Abbildungen) beweisen, — was aber auch nicht der Fall ist. Anstatt die Wiedergabe der von mir beobachteten Thatsachen für »unnöthig« zu halten, wäre es ganz zweckmässig, alle meine Angaben, welche er für unrichtig findet, vor den Augen des Lesers darzulegen, dieselben eingehender wissenschaftlicher Kritik zu unterwerfen, womöglich Fehlerquellen in helles Licht zu stellen und dadurch den Leser in die Lage zu versetzen, sich in jeder Hinsicht eine befriedigende Darstellung von den beobachteten Thatsachen zu machen, die Bedeutung derselben gehörig zu erwägen, das Detail einer kritischen Prüfung zu unterziehen und über die Haltbarkeit der von dem Beobachter gezogenen Schlussfolgerungen sein Urtheil auszusprechen. Stieda ist einer anderen Meinung: durch Leugnen sucht er zu widerlegen, durch Behaupten nachzuweisen.

Da Stieda die Frage „über die Entwicklung der Knochen und des Knochengewebes“ ohne jede Rücksicht auf feinere Ossificationsvorgänge behandelt, so kann hier von der Discussion der betreffenden Frage keine Rede mehr sein. Nichtsdestoweniger finde ich für nothwendig, noch dasjenige kurz zu berühren, was Stieda in groben Zügen gezeichnet hat. Ich habe noch deshalb kein Recht, die Betrachtungen Stieda's mit Stillschweigen zu übergehen, weil er auf dieselben ein so grosses Gewicht legt. Stieda findet, dass die Frage über die Knochenbildung in genetischer Beziehung sehr wichtig ist (S. 242) und dass der Gegensatz zwischen der bisher geläufigen Ansicht und der meinigen »in Betreff der Bildung des Unterkiefers gross ist (S. 245).“ „Hierin lag für mich ein Grund,“ sagt Stieda, „die Entwicklung des knöchernen Unterkiefers und der Scapula einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen (S. 243).“ Hat sich Stieda zur Prüfung meiner Beobachtungen so viel Mühe gegeben, leugnet er die „Richtigkeit“ meiner Angaben, so kann man ihm mit Recht die Frage stellen: wie erfolgt nun die Knochen-

bildung in den knorpeligen Bestandtheilen des Unterkiefers? Darauf gibt er nur eine Antwort: „genau so, wie in knorpelig gebildeten Röhrenknochen (S. 256).“ Fragt man: wie erfolgt die Ossification in den knorpelig gebildeten Röhrenknochen, so antwortet er: „genau so, wie Str. es selbst am Röhrenknochen beschrieben hat (S. 256).“ In einem directen Gegensatz zu dieser letzteren Behauptung gibt Stieda eine kurze Schilderung des Ossificationsvorganges, welche an die „Atrophie“ des Meckel'schen Knorpels erinnert; er sagt nämlich, dass die knorpeligen Theile des Unterkiefers untergehen, „indem das neu sich bildende Knochengewebe sie zur Atrophie bringt (S. 258).“ An einer anderen Stelle: „Das sich am Proc. condyloideus (es handelt sich um einen 5,5 Cm. langen Katzenembryo. Verf.) hier, wie auf späteren Stufen der Entwicklung darbietende Bild gleicht genau dem bekannten Bild des sogenannten Verknöcherungsrandes an der Diaphyse eines Röhrenknochens. Dies Bild hat die Autoren zu der Ueberzeugung geführt, hier wachse der Unterkiefer durch Ossificirung des Knorpels. Ich deute das Bild so, dass der fortwachsende Knorpel immerfort durch das nachrückende Knochengewebe zum Schwund gebracht wird (S. 248).“

Obwohl Stieds sich auf mich beruft, habe ich doch nie so etwas „am Röhrenknochen“ beschrieben, noch beobachtet. Ich habe Verknöcherungsrand und Verkalkungsrand als zwei verschiedene Gebilde beschrieben und abgebildet (l. c. Taf. III Fig. 12. — Ueber Knochenwachsthum. Dieses Archiv. 1874. Bd. XI Taf. IV Fig. 9). Nach meinen Beobachtungen wird der Verknöcherungsrand von dem Verkalkungsrande durch eine Reihe von Granulationsräumen getrennt. „Das nachrückende Knochengewebe“ kann keineswegs den verkalkten Knorpel zum Schwund bringen, weil dasselbe von dem Verkalkungsrand, d. h. von der Stelle, wo die verkalkte Knorpelzone zu Grunde geht, verhältnissmässig entfernt liegt. Es wäre also von Interesse über den von Stieda beobachteten Ossificationsvorgang und über die Art und Weise, wie er meine Schilderung der Ossificationsvorgänge versteht, das Detail zu wissen, sowie den Umstand in's Klare zu bringen, warum ein genau gleiches Bild, welches man immer am Verknöcherungsrande beobachtet, die Autoren zu der Ueberzeugung geführt hat, dass der Verknöcherungsprocess in den knorpeligen Theilen des Unterkiefers ganz anders, als in irgend einem anderen knorpeligen präformirten Knochen vor sich geht. Was Stieda am Verknöcherungs-

rand des Proc. condyloideus gesehen hat und warum er zu einem so sonderbaren Schlusse gekommen ist, darüber fehlt jede weitere Erklärung. Damit sind die Beobachtungen Stieda's über den Ossificationsmodus des Unterkiefers geschlossen.

Die Erscheinungen, welche, meiner Meinung nach, zu Gunsten der metaplastischen Knorpelverknöcherung sprechen und denjenigen, welche ich an den knorpeligen Bestandtheilen des Unterkiefers beobachtet habe, ähnlich sind, habe ich auch an der Spina Scapulae von Schaf- und Rindsembryonen gesehen. Zur Prüfung der von mir gewonnenen Resultate hat Stieda die Bildung des Schulterblattes bei Mäuse-, Katzen-, Kaninchen-, Schaf- und Schweinsembryonen und „an verschiedenen Entwicklungsstadien“ derselben untersucht. Eine solche allseitige Untersuchung ist mehr als in einer Beziehung wichtig. Die von mir an Scapulis beobachteten Bilder hat Kölliker ganz anders als ich verstanden und erklärt. Mit dieser Erklärung hängt aber die Beantwortung der ganzen Frage von dem Wachsthumsmodus der Knochen am innigsten zusammen. Es ist also wünschenswerth zu erfahren, was Stieda aus seinen Untersuchungen herausgebracht hat. „Ich kann“, sagt Stieda, „meine Beobachtungen in wenig Worte zusammenfassen: Der histologische Vorgang, durch welchen das ursprünglich knorpelig präformirte Schulterblatt (Corpus und Spina) in ein knöchernes übergeführt wird, ist genau derselbe (!), wie man ihn bei Röhrenknochen beschreibt (S. 258).“ Für dieses Mal will Stieda auch nicht die von ihm beobachteten Ossificationsvorgänge schildern. Er beruft sich jetzt darauf, was „man“ beschreibt; aber „man“ beschreibt die Ossificationsvorgänge auf verschiedene Weise! Soll nun der Ossificationsvorgang in den knorpeligen Theilen des Unterkiefers und in der Spina Scapulae „genau so“ verlaufen, wie „man“ beschreibt, oder etwa „genau so“, wie Str. es selbst am Röhrenknochen beschrieben hat, oder vielleicht „eben so“, wie Stieda es bei der Besprechung der „Atrophie“ des Meckel'schen Knorpels beschreibt?? — Anstatt diese Verlegenheit zu beseitigen und die Natur der beobachteten Vorgänge in's Klare zu bringen, sagt Stieda: „Eine eingehende Beschreibung oder Schilderung der Entwicklung des Schulterblattes kann ich füglich hier übergehen, da dieselbe nichts besonders Interessantes darbietet (?!).“ Das ist schon un peu trop fort! Wenn man die Beobachtungen von Anderen zu vernichten sucht und seine eigenen gelten lassen will,

so ist eine solche Schilderung obligatorisch. Ja Stieda selbst hat »einigen Autoren« den völlig begründeten Vorwurf gemacht, sie hätten von einer Atrophie des Meckel'schen Knorpels gesprochen, »ohne jedoch den Vorgang der Atrophie auch nur im Entferntesten zu beschreiben. Das ist mir ein Beweis«, sagt Stieda, »dass sie von dem Wesen der Atrophie des Knorpelgewebes auch nicht die geringste Ahnung gehabt haben (S. 254)«. Niemand wird die unbestreitbare Richtigkeit und die grosse Tragweite dieses Satzes bezweifeln.

Seine Betrachtungen über den Ossificationsprocess des Unterkiefers und der Spina Scapulae schliesst Stieda folgendermassen: »Ich hoffe, in den mitgetheilten Zeilen den Beweis(?) geliefert zu haben, dass es gar keinen metaplastischen Ossificationstypus im Sinne Str. gibt (S. 258)«. Ich bedauere sehr, dass mein Kritiker bei dem Studium der Knochenentwicklung »nichts besonders Interessantes« gefunden hat, sonst würde er in die Histogenese der Knochen einen tieferen Einblick gethan und die Gründe ersehen haben, welche mich zur Annahme des metaplastischen Ossificationstypus führten. Ich darf glauben, dass andere Beobachter, welche den von mir behandelten Gegenstand von Interesse finden, meine Beobachtungen einer vorurtheilsfreien Prüfung unterwerfen und dieselben in manchen Beziehungen vervollständigen werden.

IV. Wachsthumsmodus der Knochen.

Meine Untersuchungen »Ueber die Histogenese der Knochen« wurden zur Zeit angestellt, wo die allgemein acceptirte Meinung in voller Geltung war, dass der Tubus medullaris durch Auflösung der neugebildeten intracartilaginösen Knochensubstanz und bald der aus dem Periost auf dieselbe aufgelagerten Knochenschichten gebildet und erweitert wird; dass an Stelle des zerstörten Knochengewebes ein neues Gewebe auftreten soll, welches wieder zu Grunde geht und wieder ersetzt wird u. s. w., dass der Humerus des Erwachsenen kein Atom der Knochensubstanz desjenigen des Neugeborenen und dieser nichts von dem des dreimonatlichen Embryo enthält. Die zu gleicher Zeit erschienene vorläufige Mittheilung Köllikers lautete: »Die Entwicklung der Knochen und die typische Gestaltung derselben ist wesentlich das Produkt einer nach be-

stimmten Gesetzen vor sich gehenden Bildung von Knochengewebe durch die Osteoblasten und einer Auflösung desselben durch die Ostoklasten«. Bei meinen Studien der Knochenentwicklung hat es zwar lange gedauert, ehe ich mich auf dem schwierigen Wege meiner Beobachtungen zurechtzufinden vermochte, doch habe ich That-sachen beobachtet, welche mit der existirenden Lehre nicht übereinstimmen, oder mit derselben in Widerspruch stehen. Da die Verhältnisse in wachsenden Knochen zu mannigfaltig sind, als dass sie in einem einzigen Satze zusammengefasst werden könnten, so werde ich die von mir beobachteten That-sachen in den nachfolgenden Punkten niederlegen, das Wesentliche scharf ins Auge fassen und vom Detail absehen. Eine kurze Darstellung der von mir gewonnenen Resultate finde ich in dieser Schrift aus vielen Gründen nothwendig. Es ist für mich wichtig, die von mir entwickelte und von Stieda bis zur Unkenntlichkeit veränderte Lehre herzustellen, einem und demselben Kreise von Lesern die Möglichkeit zu geben, meine Beobachtungen sowie die Angriffe Stieda's allseitiger Kritik zu unterziehen und zu entscheiden, ob der von Stieda gezogene allgemeine Schluss über meine Arbeit wohl begründet sei.

1. Bei dem Studium des endochondralen Knochens von verschiedenen alten Embryonen habe ich beobachtet, dass dieser Knochen sehr lange sein charakteristisches Aussehen bewahrt und durch eine ziemlich scharfe Linie (endochondrale Grenzlinie. Verf.) von dem periostalen Knochen abgegrenzt wird. Untersucht man einen Röhrenknochen in beliebiger Höhe, so findet man immer, dass alle Knochenbalken, welche innerhalb dieser Linie liegen, unzweifelhafte Merkmale ihres endochondralen Ursprungs besitzen. Das war mir ein genügender Beweis dafür, dass wenn das endochondrale Knochengewebe wirklich zu Grunde geht, dasselbe nicht wiederersetzt wird.

2. Da ich in den Röhren- und kurzen Knochen von ziemlich alten Embryonen (d. h. in den Knochen, in welchen nach der acceptirten Meinung nicht nur das endochondrale Knochengewebe, sondern auch eine grosse Partie der periostalen Rinde zerstört sein muss) das endochondrale Knochengewebe immer in guter Entwicklung fand, so lag mir der Gedanke nahe, dass der Zerstörungsprocess höchst wahrscheinlich sehr beschränkt sein müsse. Bei genauer Vergleichung der endochondralen Knochenbalken in verschiedenen Höhen des nämlichen Röhrenknochens von verschiedenen alten Embryonen, habe ich gefunden, dass die endochondralen Knochen-

balken desto mächtiger werden, je näher sie der mittleren Partie der Diaphyse liegen, d. h. je älter sie sind. An längsgeschnittenen cylindrischen Knochen beobachtet man, dass die endochondralen Balken in der Mitte der Diaphyse die grösste Dicke haben, sich gegen die Ossificationslinie verjüngen und mit den Längssepta der Granulationsräume in continuirlicher Verbindung stehen. Diese Erscheinung legte mir natürlich die Frage nahe, ob der grosse Triumph, welchen die Resorptionsthierie wegen der Entdeckung der Ostoklasten zu feiern beginnt, wohl begründet sei.

3. Ferner habe ich meine Aufmerksamkeit auf die periostalen Knochenbahnen gerichtet und gefunden, dass die Anzahl und Dicke derselben desto bedeutender, je älter der embryonale Knochen ist. Der auffallendste Befund war der, dass der älteste, tiefste Knochenbalken zu gleicher Zeit der längste und dickste ist (perichondrale Grundsicht. Verf.). An den Röhrenknochen, in welchen ihres Alters wegen die inneren periostalen Schichten durch die Erweiterung des Tubus medullaris aufgelöst sein müssten, habe ich die periostale Grundsicht ganz intact gefunden, derselbe lag dem endochondralen Knochen an. Bisher konnte ich nur eine vollkommene Integrität gerade derjenigen Knochenschichten constatiren, welche die neue Resorptionstheorie in erster Linie den Ostoklasten zum Opfer bringt.

4. Bei der Untersuchung der Markräume hat sich ergeben, dass die periostalen Markräume (Havers'sche Kanäle) desto enger werden, je älter der Knochen ist. Die endochondralen Markräume, im Gegentheil, sind um so breiter, je näher sie der Mitte der Diaphyse liegen, d. h. je älter die endochondralen Knochenbalken sind. In der Höhe der Ossificationslinie sind die endochondralen Markräume in allen embryonalen Knochen ungefähr gleich breit. Trotz der vollkommenen Integrität und Verdickung der Knochenbalken erweitern sich die endochondralen Markräume und fliessen endlich in eine gemeinschaftliche Markröhre (Tub. med.) zusammen. Nun tritt uns die Frage entgegen, wie kommt der ganze Process zu Stande? Bei der Untersuchung der Querschnitte verschieden alter embryonaler Röhrenknochen habe ich gefunden, dass der durch die endochondrale Grenzlinie gebildete Kreis einen desto grösseren Durchmesser besitzt, je älter der Knochen ist. Dieser Befund hat mir die Augen geöffnet: das war mir also ein grober

Beweis dafür, dass die periostale Röhre, sowie die durch die endochondrale Grenzlinie von der periostalen Röhre abgegrenzte endochondrale Knochensubstanz expandirt.

5. Als ich zur Ueberzeugung kam, dass die Knochenbalken bleibende Gebilde sind, deren Expansion in schlagender Weise nachgewiesen werden kann, suchte ich die feineren im Knochengewebe stattfindenden Wachsthumsvorgänge zu erforschen. Ich habe gefunden, dass, abgesehen von der Vermehrung der Knochenkörperchen, die Knochengrundsubstanz bei der fortwährenden Knochenentwicklung bedeutend zunimmt. Aus der Bestimmung der Entfernungen zwischen den Knochenkörperchen an verschiedenen Stellen der Knochenbalken ergab sich, dass diese Abstände an dem perichondralen Grundbalken der Länge nach bedeutender, als der Dicke nach, und in der Richtung des Kreises des querschnittenen Knochens intensiver, als in der des Radius zunehmen. An den endochondralen Knochenbalken sind diese Distanzen desto bedeutender, je näher die Balken der Mitte der Diaphyse liegen. Es tritt also klar zu Tage, dass die Erweiterung der periostalen Röhre und der endochondralen Markräume durch das interstitielle Wachstum des Knochengewebes bedingt wird.

6. Fasst man die elementaren Wachsthumsvorgänge im epiphysären Knorpel ins Auge, so findet man, dass seine successive Verdickung bei der fortwährenden Knochenentwicklung durch Vermehrung der Knorpelzellen und Zunahme der Intercellularsubstanz bedingt wird. Diese langbekannte, aber unbeachtete Thatsache spielt bei der Erweiterung der endochondralen Markräume eine sehr wichtige Rolle. Abgesehen von den Vorgängen, welche man bei interstitiellem Wachstum anderer Organe beobachtet, findet man am epiphysären Knorpel noch die Eigenthümlichkeit, dass die Knorpelzellen parallel der Längsaxe des Knorpels säulenartig geordnet und zwischen die schon vorhandenen Knorpelzellensäulen eingeschoben werden, wodurch die Granulationsräume und die mit diesen letzteren in Continuum stehenden endochondralen Markräume erweitert werden. In der Längsaxe des Knorpels ist dieser Einschiebungsprocess mehr ausgesprochen, als gegen die Peripherie desselben; die Erweiterung der in der Längsaxe des Knorpels liegenden Markräume muss also bedeutender sein. Die Expansion der periostalen Rinde und der endochondralen Knochenbalken, sowie die im epiphysären

Knorpel vorsichgehenden Wachsthumsvorgänge dürfen also als Ursache betrachtet werden, welche das Zustandekommen des Tubus medullaris bedingen.

7. Da die successiv an Dicke zunehmenden endochondralen Knochenbalken durch die eben beschriebenen Wachsthumsvorgänge bedeutender in der Längsaxe des Knochens, als gegen seinen Umkreis expandiren, so werden dieselben nach und nach dem periostalen Grundbalken genähert. Diese Erscheinung muss natürlicherweise auf Rechnung mechanischer Einwirkung der in den Punkten 5 und 6 beschriebenen Vorgänge gesetzt werden. Die peripheren endochondralen Balken kommen bald an die perichondrale Grundschicht zu liegen, wodurch die endochondrale Grundschicht gebildet wird, welche zuerst ziemlich dünn ist und in jüngeren Abschnitten des Knochens, d. h. in der Höhe der Ossificationslinie noch ganz und gar fehlt. Die übrigen endochondralen Knochenbalken bleiben jetzt als Uebergangs- und secundäre endochondrale Balken stehen. Während des fortschreitenden Wachstums des Knochens werden diese letzteren immer mehr und mehr dem schon abgelagerten dünnen endochondralen Grundbalken genähert und fliessen zuletzt mit demselben in einen gemeinschaftlichen endochondralen Grundbalken zusammen, welcher den Tubus medullaris umgibt und am Querschnitte als ein ziemlich dicker Ring erscheint. Fasst man nun den Durchmesser des Tubus med., sowie die Integrität der beiden Grundschichten ins Auge, so kann man nicht mehr in Zweifel darüber sein, dass der Tubus medullaris nicht anders, als durch Expansion und Verschiebung der Knochenbalken entstanden sein kann.

8. Etwas anders sind die Verhältnisse in kurzen Knochen und Epiphysen. Hier ist der endochondrale Knochenkern von allen Seiten mit Knorpel umgeben. Bei fortwährendem Wachsthum des Knorpels werden neue Granulationsräume eröffnet und neue endochondrale Balken rings um den schon vorhandenen Knochenkern gebildet. Die mechanische Einwirkung, welche in Röhrenknochen durch die interstitiellen Wachsthumsvorgänge der periostalen Röhre und des an den beiden Enden derselben befindlichen Gelenkknorpels hervorgerufen wird, fehlt in kurzen Knochen ganz und gar. Die endochondralen Knochenbalken wurden also hier nicht verschoben, sie bleiben stationär. Bei dem fortschreitenden Knochen-

wachsthum erweitern sich zwar die endochondralen Markräume, was ohne Verschiebung der Knochenbalken nicht denkbar ist, doch werden hier die Knochenbalken nicht gegen die Peripherie des Knochens verschoben und bleiben als Bälkchen der Substantia spongiosa stehen.

9. In Röhrenknochen bleibt die endochondrale Grundschrift so lange von der periostalen durch die endochondrale Grenzlinie abgegrenzt, bis diese letztere durch eine innige Verwachsung der beiden Grundschriften unsichtbar wird. Bald darauf schwinden die in der endochondralen Grundschrift enthaltenen verkalkten Knorpelreste, indem dieselben dünner werden, in Form feiner, unterbrochener knotiger Linien erscheinen, später in Gestalt zerstreuter Knötchen sich darstellen, welche weniger und weniger zahlreich werden und endlich gänzlich verschwinden. In diesem Falle ist an der betreffenden Stelle keine Spur von endochondralen Knochen zu entdecken. Untersucht man die Längsschnitte solcher embryonaler Röhrenknochen, welche in der Mitte der Diaphyse keinen endochondralen Knochen mehr zeigen, so kann man beobachten, dass die endochondrale Grenzlinie, welche an oberen und unteren Abschnitten des Knochens sehr genau zu verfolgen ist, gegen die Mitte der Diaphyse in die Dicke der periostalen Rinde verloren geht. Denken wir uns die Linie bis in die Mitte der Diaphyse verlängert, so würden wir durch diese abstracte Linie das schon verschwundene Segment der endochondralen Grenzlinie herstellen. Das Knochenstück, welches zwischen dieser abstracten Linie und dem Tubus medullaris liegt, ist endochondral entstanden, obwohl dasselbe keine Spur mehr von Knorpelresten besitzt.

10. Bei der Beurtheilung der Vorgänge, welche die Knochen gestatten, ist es nothwendig, die Ablagerungsweise des neu entstandenen Knochengewebes (Apposition) und das interstitielle Wachsthum desselben in Betracht zu ziehen. Fassen wir zuerst den ersten Wachsthumsmodus ins Auge, so beobachten wir, dass das appositionelle Knochenwachsthum nicht an allen Stellen des Knochens gleichzeitig und gleichmässig erfolgt. Es kommt öfters vor, dass an einigen Knochenflächen die Knochenablagerung ganz und gar fehlt (aplastische Flächen), während sie an den anderen mehr weniger intensiv vor sich zu gehen pflegt (Ossificationsflächen). An gewissen Stellen der Knochenflächen finden wir, dass die vergrößerten Bildungszellen des Periost zu Zellensträngen sich gruppiren und zu Knochengewebe sclerosiren. Dadurch entstehen neue Ar-

chitekturelemente des Knochens, welche je nach dem Ort ihrer Entstehung typisch verlaufen. An anderen Stellen der Knochenflächen werden keine Zellenstränge und keine neuen Architekturelemente gebildet; die schon vorhandenen Knochenbalken werden durch die Sclerosirung der wandständigen Zellen verdickt. Was den zweiten Wachsthumsmodus betrifft, so kann man sich aus der Bestimmung der Entfernungen zwischen den Knochenkörperchen überzeugen, dass die Knochenbalken nach verschiedenen Richtungen verschieden intensiv interstitiell wachsen.

Mit der Intensität des appositionellen und interstitiellen Wachstums steht die Wachstumsrichtung der Knochenbalken und somit die typische Gestaltung der Knochen im innigsten Zusammenhange. Denken wir uns ein präformirtes Knorpelstück, dessen mittlere Partie in ihrer ganzen Dicke durch präparatorische Ossificationsvorgänge zerstört wird und verfolgen wir seinen Entwicklungsprocess weiter, so sehen wir nämlich, dass die beiden von der Zerstörung verschonten Theile des Knorpels durch eine periostal entstandene Knochenlamelle mit einander verbunden werden. Diese Lamelle wächst sehr intensiv der Länge nach, wobei die knorpeligen Enden sich von einander entfernen. An der Anordnung der Knorpelzellen kann man erkennen, dass der Knorpel selbst hauptsächlich der Länge nach wächst, indem die Quersepta seiner unteren verkalkten Schicht (Verkalkungsrand) beständig zu Grunde gehen und nur die Längssepta übrig bleiben und als Gerüst zur Ablagerung des neugebildeten endochondralen Knochengewebes dienen. Nach dem Ablauf des Wachstumsprocesses entsteht ein langer Knochen, welcher seine Form der Ablagerungsweise und Wachstumsrichtung der denselben constituirenden Architekturelemente zu verdanken hat.

Wird der präformirte Knorpel durch die präparatorischen Ossificationsvorgänge nicht bis an seine Oberfläche, sondern nur in seiner mittleren Partie zerstört und der neugebildete endochondrale Kern von allen Seiten mit Knorpel umgeben, so sind die Wachsthumsergebnisse ganz andere. Die periostale Hülle, sowie die Epiphysen sind hier nicht vorhanden, die Richtung der unzerstört gebliebenen verkalkten Knorpelsepta ist radiär; die Ablagerung des endochondralen Knochens erfolgt nach allen Richtungen ungefähr gleichmässig; wir haben jetzt einen sogenannten kurzen Knochen vor uns. Von allergrösster Bedeutung für die Gestaltung der Knochen muss noch der Umstand sein, dass die das Knochenindividuum

zusammensetzenden Theile sich zu verschiedenen Zeiträumen ganz selbständig entwickeln und unabhängig von einander wachsen.

Fasst man nun die Leistungen des präformirten Knorpels sowie die Ungleichmässigkeit des appositionellen und interstitiellen Wachsthum ins Auge, so kann man leicht die Verhältnisse begreifen, unter denen alle möglichen Knochenformen zur Ausbildung kommen.

Nachdem ich die ganze Reihe der von mir beschriebenen Thatsachen beobachtet und ihr regelmässiges zeitliches und räumliches Vorkommen festgestellt hatte, lag es mir vollkommen klar vor Augen, dass der Wachsthumsmodus der Knochen in vollem Sinne des Wortes ganz und gar unbekannt ist und dass die im Gebiet der graualten Lehre neu aufgedeckten Ostoklasten nichts Anderes als auf ein altes Kleid gesetzte neue Flecke sind. Ich habe mit den allgemein gangbaren Ansichten gebrochen, und, mich an die Thatsachen haltend, aus meinen Beobachtungen folgende Schlüsse gezogen: 1) Es findet an wachsenden Knochen keine Resorption statt. 2) Die Knochenbalken sind bleibende Gebilde, deren Anordnung für jeden einzelnen Knochen typisch und jedem Entwicklungsstadium eigenthümlich ist. 3) Die typische Gestaltung der Knochen wird durch die selbständige Entwicklung und das ungleichmässige Wachsthum der das Knochenindividuum constituirenden Theile bedingt. 4) Die Erweiterung der Markräume hängt von der Wucherung des Knorpels, Expansion und Verschiebung der Knochenbalken ab. 5) Dieser letztere Vorgang ist als Theilerscheinung des ungleichmässigen Wachsthum der Knochen zu betrachten.

In seiner Mittheilung sucht Stieda meine Beobachtungen über den Wachsthumsmodus der Knochen zu widerlegen und die Unfehlbarkeit der Resorptionstheorie nachzuweisen. Er sagt: »Will man aber, so urtheile ich, Str. von der wirklichen Bedeutung der Ostoklasten überzeugen, so muss man nachweisen, dass die von ihm gegebene Beschreibung des Wachsthum der Knochen und die daran sich knüpfende Auseinandersetzung der Vorgänge unrichtig ist (S. 260).« Betrachten wir die Discussionsmethode von dem Gesichtspunkte Stieda's aus und finden wir den angeführten Satz richtig, so stellt sich natürlicherweise die Frage heraus, was muss man thun, um nachzuweisen, dass die von mir gegebene Beschreibung

und folglich die ganze Lehre unrichtig ist? Ich glaube nicht auf Widerspruch zu stossen, wenn ich sage: um diese Lehre zu widerlegen, muss man erst dieselbe recht gut verstanden haben, ferner sich genau an zahlreichen und geeigneten Präparaten orientiren, für die von mir beschriebenen Erscheinungen eine bessere, d. h. richtige Erklärung finden, oder vielleicht noch neue Thatsachen aufdecken, welche mit den von mir abgeleiteten Schlussfolgerungen nicht übereinstimmen, oder dieselben direkt widerlegen. Ob eine solche Widerlegung zu gleicher Zeit die »wirkliche Bedeutung« der Ostoklasten nachweisen könnte, wie Stieda glaubt, das ist wieder eine andere Frage, mit welcher wir hier Nichts zu schaffen haben.

Nachdem Stieda in wenig Worten auf die herrschenden Ansichten über das Knochenwachsthum aufmerksam gemacht hat, sagt er: vor Kurzem ist auch Str. gegen die Lehre vom appositionellen Wachsthum aufgetreten so ergreife ich die Gelegenheit, die Lehre vom Knochenwachsthum durch Apposition gegen die Angriffe Str. zu vertheidigen (S. 259)«. Weiter auch versichert Stieda, dass ich »gegen den Knochenwachsthum durch Apposition Protest eingelegt habe« (S. 260). Liest man aber meine Schrift durch, so findet man, dass ich nicht nur von Knochenapposition, sondern auch von einer ungleichmässigen Knochenapposition spreche. An verschiedenen Stellen meiner Arbeit habe ich mich gegen die Ansicht J. Wolff's ausgesprochen, welcher kein appositionelles Wachsthum zulässt. Die folgenden Sätze, welche ich ihrer Kürze wegen citire, sind so klar, dass dieselben kaum missverstanden werden können. Auf S. 51: »Hier will ich noch besonders betonen, dass, so lange der Ossificationsprocess noch nicht abgelaufen ist, an jungen Knochen Stellen vorkommen, welche ich Ossificationsgebiet nenne, wo der Ablagerungs- oder Appositionsprocess noch thätig ist und sehr genau studirt werden kann.« Auf S. 78: Die »characteristische Knochenarchitectur wird also, abgesehen von anderen Ursachen, durch die regelmässige, an gewissen Stellen und in gewissen Zeiträumen erfolgende Ablagerung der für den architectonischen Aufbau der Knochen nothwendigen Elemente ausgebildet.«

So sonderbar und überraschend die Ansicht Stieda's über die wesentlichen Punkte meiner Arbeit ist, so wäre es wünschenswerth zu erfahren, wie Stieda die von mir »angegriffene« Appositionslehre »vertheidigen« und noch diese Lücke ausfüllen wird. Das ist um so interessanter, als die discutirten aplastischen Flächen,

welche Klliker fr Resorptionsflchen hlt, mit dem appositionellen Knochenwachsthum im innigsten Zusammenhang stehen. Das angeregte Interesse wird aber nicht befriedigt: Stieda ist bei seiner Versprechung stehen geblieben und hat von dem appositionellen Knochenwachsthum nicht mehr gesprochen! Ich brauche also hier Nichts weiter darber zu sagen.

Ferner behauptet Stieda, dass die »Anhnger der Resorptionstheorie« den Schwund des endochondralen Knochens, sowie der endochondralen Grenzlinie durch Zerstrung des endochondralen Knochens erklrt haben. »Dieser Annahme der Zerstrung des endochondralen Knochengewebes«, sagt Stieda, »tritt nun Str. schroff entgegen (S. 261)«. Ich kann Stieda versichern, dass die von ihm nicht genannten »Anhnger der Resorptionstheorie« vor der Erscheinung meiner Arbeit ber die Verbreitung des endochondralen Knochengewebes nicht viel Genaueres wussten und von der Existenz der endochondralen Grenzlinie keine Ahnung hatten. Diese »Anhnger« konnten also nicht eine Zerstrung der ihnen unbekannten Gebilde nachweisen; was aber mich betrifft, so konnte ich auch nicht der noch nicht existirenden Ansicht entgegenreten. Bei der Besprechung der endochondralen Grenzlinie hat Stieda gefunden, dass diese Bezeichnung unrichtig sei. Die endochondrale Grenzlinie soll nach ihm »Grenzlamelle« heissen (S. 261). Ich kann aber Stieda nochmals versichern, dass meine endochondrale Grenzlinie keine Lamelle ist und wenn er eine »Grenzlamelle« gefunden hat, so ist es zu bedauern, dass er das von ihm aufgedeckte neue Architecturelement der Knochen nicht beschrieben hat. Dies wre noch deshalb nothwendig, weil diese »Grenzlamelle«, nach ihrem Entdecker, »zwischen dem perichondralen und endochondralen Knochen« liegt und folglich weder perichondralen noch endochondralen Ursprungs sein muss.

Zu Gunsten der Knochenresorption werden von Stieda folgende Beweise gefhrt: »Ich habe im Laufe der letzten Zeit speciell bei Untersuchung des sich bildenden Unterkiefers vielfach Veranlassung gehabt, die Angaben Klliker's in Betreff der Ostoklasten zu prfen und muss dieselben durchaus besttigen (S. 259)«. Weiter: »Da ich den ausfhrlichen und nach allen Richtungen zum Abschlusse gelangten Mittheilungen Klliker's keine neuen That-sachen hinzuzufgen vermag, so begnge ich mich mit der Anerkennung und Besttigung (S. 260)«. Diese Angabe Stieda's ent-

zieht sich der kritischen Prüfung ganz und gar. Anstatt die beobachteten Thatsachen genau zu beschreiben, ihre Bedeutung gehörig zu erwägen und die factische Seite der Frage ins helle Licht zu stellen, hat sich Stieda darauf beschränkt, aus den von ihm nicht beschriebenen und uns ganz unbekannten Erscheinungen einen ganz bestimmten Schluss zu ziehen. Bei der Besprechung der »Atrophie« des Meckel'schen Knorpels hat er zwar folgenden Satz ausgesprochen: »An der den Zahnkeimen zugekehrten Fläche des knöchernen Halbkanals (des Unterkiefers, Verf.) zeigen sich zahlreiche Ostoklasten (im Sinne Kolliker's), als Beweis der hier stetig stattfindenden Resorption des alten Knochengewebes (S. 247)«. Nach dem, was ich in meiner Abhandlung und in dieser Schrift über die Wachsthumsvorgänge der Knochen gesagt habe, finde ich hier ganz überflüssig, Streitigkeiten über die leere Frage nach der »wirklichen Bedeutung« der Ostoklasten zu führen, ich will nur darauf aufmerksam machen, dass Kolliker¹⁾ unter dem Namen »Ostoklasten« Elementarorganismen beschrieben hat, welche von 0 bis 60 Kerne haben und deren Gestalt »so ungemein wechselnd ist, dass sich kaum eine specielle Beschreibung derselben geben lässt«. Man kann also mit Recht die Frage stellen: was Stieda am Unterkiefer eigentlich gesehen hat? Sagt Stieda, dass er an demselben Ostoklasten gesehen hat, so sagt er damit so viel wie Nichts. Das ist Alles, was Stieda geliefert hat, um die »wirkliche Bedeutung« der Ostoklasten, sowie die Unrichtigkeit der von mir »gegebenen Beschreibung des Knochenwachstums und der daran sich knüpfenden Auseinandersetzung der Vorgänge« nachzuweisen.

Ferner citirt Stieda einige Sätze aus meiner Arbeit, welche aber von ihm nicht discutirt werden. Ja, der Leser soll selbst errathen, dass alle diese abgerissenen Sätze zusammengekommen keinen besonderen Sinn haben. Aus diesen Citaten kann man ersehen, dass Stieda in einer ganz eigenthümlichen Weise meine ganze Arbeit aufgefasst hat. Er glaubt z. B., dass der Hauptgrund der Verwerfung der Ostoklasten für mich die Möglichkeit ist, »das Knochenwachsthum durch eine andere Erklärung — Verschiebung oder Wanderung der Knochenbalken — zu deuten (S. 263)«. Er erklärt aber diese »Hypothese« für unbegründet, indem er ausruft: »Ich behaupte im Gegentheil, es findet beim Knochen-

1) Die normale Resorption des Knochengewebes 1873. Leipzig, S. 21.

wachsthum keine Verschiebung und keine Wanderung der endochondralen Knochenbalken statt! (S. 262).« Weiter: »Wie soll, frage ich, das vollständige Verschwinden (des endochondralen Knochens, Verf.) durch eine Verschiebung oder Wanderung erklärt werden? Die Resorption erklärt die erörterten Thatsachen bequem und leicht (S. 263).« Ich verweise Stieda auf meine Arbeit, welche ihn orientirt haben wird, dass keineswegs der endochondrale Knochen, sondern die in demselben enthaltenen Knorpelreste schwinden.

Da Stieda alle die Wachsthumsvorgänge, welche ich an den in Entwicklung begriffenen Knochen beobachtet habe, ausser Acht gelassen und nur die »Hypothese« über die Verschiebung der Knochenbalken in's Auge gefasst hat, so muss die Discussion der ganzen Frage natürlicherweise auf die Verschiebung der Knochenbalken beschränkt werden. Es handelt sich also um die thatsächliche Seite dieses Vorgangs. Meine Aufgabe in dieser Beziehung ist deshalb schwierig, weil Stieda die Ergebnisse meiner Beobachtungen durch einfaches Leugnen zu widerlegen sucht, ohne irgend einen Nachweis zu liefern, dass er mit der neuen Untersuchungsmethode vertraut ist und die von mir beschriebenen Wachsthumsvorgänge studirt hat. Ich werde also hier nicht auf das Detail eingehen und mich nur darauf beschränken, ein Untersuchungsobject vorzulegen, an welchem man die Verschiebung der Knochenbalken ohne Mikroskop und ohne etwaige Kunstgriffe beobachten kann. Dieses Untersuchungsobject ist ein Vogelknochen, nämlich der Tarsometatarsus von Tauben.

Bei sehr jungen Tauben besteht der Tarsometatarsus aus drei parallel mit einander in frontaler Richtung angeordneten Röhrenknochen, welche durch eine Schicht Bindegewebe von einander getrennt sind. Bei der fortwährenden Entwicklung dieser Vögel verwachsen die drei Röhrenknochen mit einander, so dass dieselben nur einen einzigen Knochen bilden. An den beiden Gelenkenden dieses Knochens kann man noch eine Spur von den früher dagewesenen drei Knochenindividuen entdecken. Wie dieser Verwachungsprocess vor sich geht, davon werde ich nicht sprechen. Sägt man in diesem Entwicklungsstadium den Tarsometatarsus in der Mitte der Diaphyse der Quere nach durch, so sieht man, dass dieser Knochen drei Knochenmarkröhren (Tub. med.) besitzt, welche durch zwei knöcherne Längssepta von einander getrennt sind. Diese drei

Markröhren sind nichts Anderes, als die Markröhren der drei früheren Röhrenknochen und die Längssepta sind die Wände, welche durch die Verwachsung der drei Knochen gebildet sind. Führt man aber einen Querschnitt durch die Diaphyse dieses Knochens zu der Zeit, wo die Tauben ausgewachsen sind, so findet man keine Längssepta mehr, die drei Knochenmarkröhren sind in einen gemeinschaftlichen Tubus medullaris zusammengefloßen; die knöchernen Scheidewände sind spurlos verschwunden. Wie ist dieser Vorgang zu erklären? Von dem Standpunkte der Resorptionstheorie aus ist die Erklärung so „bequem und leicht“, dass man den Knochen nicht zu untersuchen, ja gar nicht zu sehen braucht, um mit Bestimmtheit zu entscheiden, dass die in Rede stehenden Knochenbalken durch Resorption zu Grunde gegangen sind. Will man aber den Knochen in verschiedenen Entwicklungsstadien an frontalen Längsschnitten untersuchen, so kann man sich überzeugen, dass bei dem fortwährenden Knochenwachsthum die Längssepta sich nach und nach den äusseren Knochenwänden nähern, wobei der mittlere Tubus medullaris breiter und die zwei seitlichen enger werden, so dass endlich die beiden Septa (das eine rechts, das andere links) an den correspondirenden Knochenwänden zu liegen kommen und zuletzt mit diesen letzteren verwachsen. An frontalen Längsschnitten findet man in diesem Stadium, dass die beiden Längssepta in der Mitte der Diaphyse mit den Knochenwänden schon verwachsen sind, am oberen und unteren Abschnitte des Knochens (welche viel dicker, als die Mitte des Knochens sind) dieselben von den lateralen Knochenwänden entfernt liegen und diese Knochenabschnitte in drei Markhöhlen theilen. Die Längssepta können also während des ganzen Verschiebungsvorganges in ihrer ganzen Integrität und Continuität verfolgt werden.

Es liegt jetzt nicht in meiner Absicht, die elementaren Vorgänge, welche die Verschiebung der besprochenen Längssepta bedingen, zu beschreiben; ich will nur eine nackte und grobe Thatsache vor Augen stellen, um nachzuweisen, dass meine Angabe über die Verschiebung der Knochenbalken keineswegs von mir ausgedacht, sondern durch empirische Forschung herausgebracht worden ist. Im Vorbeigehen will ich noch darauf hinweisen, dass die Entwicklungsgeschichte des besprochenen Knochens auch für Mathematiker interessant, ja vielleicht lehrreich sein könnte.

Stieda hat seiner Mittheilung einen Auszug von der Ab-

handlung Lovén's und der Uranossow's vorausgeschickt, um dem Leser zu zeigen und ferner zu sagen, dass die Resultate der grössten Partie meiner Untersuchungen mit denjenigen der genannten Autoren übereinstimmen. Die Ergebnisse meiner Beobachtungen können unmöglich mit denjenigen dieser zwei Arbeiten übereinstimmen, aus dem einfachen Grund, dass Uranossow (die Genese der Markzellen ausgenommen) die von mir behandelten Gegenstände gar nicht verfolgt und gar nicht beschrieben hat, und was die Beobachtungen Lovén's betrifft, so bin ich mit ihm über Knochenentwicklung nicht im Geringsten einverstanden. Die Resultate meiner Beobachtungen können schon deshalb nicht mit denjenigen Lovén's übereinstimmen, weil ich den ganzen Gegenstand nach einer neuen Methode und nach neuer Richtung studirt und folglich die Thatsachen beobachtet habe, welche Lovén nicht gesehen hat und nicht sehen konnte. Obwohl mir die schwedische Literatur nicht zugänglich ist, doch habe ich Data genug, um mein Urtheil darüber auszusprechen. Fasst man das Gesamtergebnat meiner Beobachtungen in's Auge, d. h. Wachsthumsmodus der Knochen, so kann man sich überzeugen, dass im Auszuge, welchen Stieda von der Lovén'schen Abhandlung gibt, nicht das Entfernteste von dem zu finden ist, was ich in meiner Arbeit ausführlich und in der vorliegenden Schrift in 10 Punkten kurz auseinandergesetzt habe. Aus der Mittheilung Lovén's, welche in die deutsche Sprache übersetzt ist und die Resultate seiner Beobachtungen zusammenfasst, kann man ersehen, dass die Ergebnisse seiner Untersuchungen mit den meinigen in einem directen Widerspruch stehen¹⁾. Was nun das Detail und die elementaren Ossificationsvorgänge betrifft, so ist meine Auffassung und Schilderung derselben von dem, was Lovén beschrieben hat, ganz verschieden. Stieda hebt besonders den Umstand hervor, dass einige von mir angewendete Bezeichnungen und Ausdrücke auch schon von Lovén gebraucht worden sind. Das soll, nach Stieda, heissen, dass Lovén ganz dasselbe wie ich beschrieben hat. Diese Bezeichnungen sind: »formbildende Rolle des Knorpels«, »intermembranöse (intra?)«, »periostale« »intra-cartilaginöse« Ossification, »primäre Periostlamelle (periostale Grundsicht, Verf.)«. Alle diese

1) Ueber die physiologische Knochenresorption. Verhandl. der Würzburger phys.-med. Gesellsch. N. F. IV. Bd.

Bezeichnungen sind so wenig von mir, wie von Lovén in die Wissenschaft eingeführt worden. Dieselben werden bei der Besprechung der Ossification auf jedem Schritt angewendet und sind schon seit langer Zeit bekannt. Von der formbildenden Rolle des Knorpels hat schon Howship (1815—19), von der intramembranösen Ossification — Nesbitt (1736), von der periostalen — Havers (1692) und Du Hamel (1739—43) gesprochen; über die intracartilaginöse Knochenbildung hat H. Müller das Bedeutendste geliefert. Es kommt also nicht auf die Bezeichnungen, sondern darauf an, was unter denselben beschrieben und wie aufgefasst wird. Lovén hat z. B. in dem periostalen Knochen *glomeruli ossei* beschrieben. Das ist schon genügend, um zu zeigen, dass er über die Ablagerungsweise und Lagerungsverhältnisse des periostalen und endochondralen Knochengewebes mit mir gar nicht übereinstimmt. Ferner führt Stieda in seinem Auszug die Methode an, nach welcher Lovén nachgewiesen hätte, dass eine directe Knorpelverknöcherung nicht vorkommt. »Zum Beweis« für die genetische Unabhängigkeit des Knochengewebes vom Knorpelgewebe,« sagt Stieda, »führt Lovén die Leichtigkeit an, mit welcher beide Gewebe von einander getrennt werden können. An einem mit Chromsäure oder Salzsäure behandelten Röhrenknochen kann man nämlich durch vorsichtiges Ziehen — am besten unter Wasser — den Knorpel leicht von dem hineinwachsenden Knochen trennen (S. 239).« Ich bitte den unbefangenen Leser zu entscheiden, ob ich bei meinen Untersuchungen die Natur der Ossificationsvorgänge »durch vorsichtiges Ziehen unter Wasser« zu erklären suchte. Ich habe mich einer ganz anderen Methode bedient und bin zu einer ganz anderen Auffassung der Ossificationsvorgänge gekommen. Kein Wunder also, dass die Resultate unserer Untersuchungen nicht übereinstimmen, obwohl einige Bezeichnungen ähnlich sein können. Es bleibt nun die »primäre Periostlamelle« übrig. Fragt man nach Inhalt und Umfang des Begriffes, der sich an diese Bezeichnung knüpft, so ist die Antwort darauf nichtssagend: aus der Darstellung Stieda's kann man nur so viel verstehen, dass bevor die Ablagerung der zweiten und dritten Periostlamelle erfolgt, nothwendiger Weise die erste, d. h. die »primäre« abgelagert werden muss. Das ist ja selbstverständlich! Der Grundgedanke sowie das Detail meiner ganzen Arbeit haben mit den Beobachtungen Lovén's Nichts gemein. Ich habe in meinen Untersuchungen den ersten Versuch gewagt,

eine Topographie der wachsenden Knochen zu entwerfen und eine genaue Verfolgung der die Knochenform bedingenden Bauelemente möglich zu machen. Nur unter diesen Bedingungen können wir über den Wachstumsmodus der Knochen einen bestimmten Aufschluss gewinnen und durch ein vergleichendes Studium der Entwicklung anderer Organe unsere Anschauungen verallgemeinern. Bei dem Studium des Wachstumsmodus der Knochen handelt es sich um das formbildende Princip der Organe; aus den Organen werden aber die höheren Organismen zusammengesetzt; es kommt hier also das allgemeine morphogenetische Gesetz in Frage, welches höchst wahrscheinlich für alle Organe gemeinschaftlich ist.

Schon Hunter suchte ein allgemeines Princip festzustellen, welches bei der Gestaltung der Organismen thätig ist. Er hat die Metamorphose der Insecten durch Ansatz und Wegnahme erklärt und seine Ansichten über die Gestaltung der Weich- und Hartgebilde aller organisirten Naturkörper verallgemeinert. Absorption und Anbildung — das war für Hunter ein allgemeines morphogenetisches Gesetz der Organismen. Die Nachfolger Hunter's haben den Gedanken ihres unsterblichen Meisters nicht verstanden: sie sagen der Knochen sei todt, unnachgiebig, er müsse sich anders als andere lebensfähige Organe gestalten. Sie profaniren den Namen des grossen Mannes, indem sie sich auf seine Autorität berufen.

Seitdem Darwin die Lehre Lamarck's in's Leben gerufen und durch seine umfangreichen und bahnbrechenden Untersuchungen die Morphogenie der Organismen zur Wissenschaft erhoben hat, suchten Naturforscher die physiologischen Functionen der Entwicklung und Gestaltung der Organismen zu erforschen und festzustellen. In der neuesten Zeit hat Haeckel die Formenlehre als physiologische Wissenschaft in geistreicher Weise entwickelt und in überzeugender Weise den Beweis geführt, dass die Vererbung und Anpassung einerseits und der Ernährungs- und Wachstumsprocess andererseits die organisirten Naturkörper zu ihrer Entwicklung und Ausbildung bringen. Unsere weiteren Beobachtungen über die Gestaltung der Organismen müssen also nach verschiedenen Richtungen und nach verschiedenen Untersuchungsmethoden durchgeführt werden. Wir haben das formbildende Princip der Organismen phylogenetisch und ontogenetisch zu verfolgen.

In der ontogenetischen Beziehung hat His die ersten Entwicklungserscheinungen an Hühnerembryonen studirt und alle Formveränderungen des sich entwickelnden Embryo auf ein allgemeines Princip zurückzuführen gesucht. Aus seinen Untersuchungen ergibt sich, dass die ununterbrochene Reihe von Formveränderungen, welche der werdende Organismus durchläuft, von »ungleichem Wachsthum« seiner Theile abhängt. Durch das ungleiche Wachsthum werden Verschiebungen und Wanderungen der ganzen Organe, wie z. B. des Herzens, der Wolff'schen Gänge u. a. m. bedingt. Das allgemeine Gesetz, nach welchem der Thierkörper zur Ausbildung kommt und die ihm eigenthümliche Gestalt erhält, formulirt His folgendermassen: »Es ist bei gegebener Anfangsform des Keimes die Form des aus demselben hervorgehenden Körpers eine abgeleitete Folge der räumlichen und zeitlichen Vertheilung des Keimwachsthums.« (Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Leipzig 1875.)

Die von mir über die Entwicklung der Hartgebilde angestellten Untersuchungen und die Beobachtungen von His sind ganz unabhängig von einander ausgeführt worden und stimmen vollständig mit einander in allen Puncten überein. Diese Beobachtungen gestatten uns die Einzelerfahrungen zu verallgemeinern, indem sie uns auf den Gedanken führen, dass das ungleichmässige Wachsthum die Organe gestaltet und als formbildendes Princip der Organismen zu betrachten ist. Wie sehr aber das tiefere Verständniss der Knochenentwicklung und der daraus hervorgehenden allgemeinen Resultate noch vermisst wird, wüsste ich kein besseres Beispiel anzuführen, als den Umstand, dass der Hauptgedanke, der der ganzen Arbeit »Ueber die Histogenese der Knochen« zu Grunde liegt, meinem verehrten Kritiker verborgen geblieben ist.

Die Frage nach dem Wachsthumsmodus der Knochen hat eine viel grössere Tragweite, als man gewöhnlich glaubt und greift tief in die Ontogenie ein. Um die Bahn zum Verständniss derselben zu eröffnen, muss man die für den architectonischen Aufbau der Knochen dienenden Elemente Schritt für Schritt auf dem Wege ihrer Entstehung verfolgen, ihre weitere Entwicklung und Lagerungsverhältnisse in verschiedenen Wachsthumstadien in den Kreis seiner Untersuchungen ziehen und aus zahlreichen Einzelerfahrungen

sich ein möglichst vollständiges Gesamtbild des ganzen Vorgangs entwerfen. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, habe ich den Wachstumsprocess der Knochen zu erforschen gesucht, meine Beobachtungen auf fast alle Wachstumsstadien junger und erwachsener Thiere ausgedehnt¹⁾ und obwohl ich selbst anerkenne, dass meine Unternehmung die Leistungen einzelnen Forschens übertrifft und dass meine Beobachtungen in manchen Beziehungen noch lückenhaft sind, darf ich doch glauben, dass wenn Stieda dieselben vervollständigen oder vielleicht widerlegen will, so hat er, bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft, nichts weiter zu thun, als den von mir vorgezeigten Weg zu betreten und nicht durch schroffes Leugnen des von ihm nicht Gesehenen, nicht durch grundlose Behauptung des nicht Nachgewiesenen, sondern durch eine gründliche Durchforschung des ganzen Gebietes und durch ausführliche monographische Bearbeitung des gesammten Gegenstandes meine Beobachtungsfehler zu enthüllen und seine Ansichten über die Art und Weise des Knochenwachstums zu voller Geltung zu bringen.

Was hat nun Stieda durch seine »eingehenden Untersuchungen« geliefert? Leugnet er die »Richtigkeit« meiner Angaben, findet er meine »Beschreibung« der Wachstumsvorgänge »unrichtig«, zieht er die thatsächliche Seite meiner Untersuchungen in Zweifel, so erlaube ich mir am Schlusse dieser Mittheilung nach den That-sachen zu fragen, welche die so auffallenden Behauptungen Stieda's beweisen. Ziehen wir die elementaren Ossificationsvorgänge in Betracht, so finden wir darüber in Stieda's Schrift so viel wie gar Nichts. Der von ihm grob skizzirte und bis jetzt unbekannte, im präformirten Knorpel vor sich gehende atrophische Process ist in tiefes Dunkel gehüllt. Diese Knorpelatrophie, welche durch den Zusammenstoss der heranrückenden, an die Stelle des schwindenden Knorpels tretenden Knochenlamelle zu Stande kommt und durch Vermittelung des Bildungsgewebes den zum Schwunde gebrachten Knorpel in Knochen überführt, bedarf einer weiteren Erklärung. Was den Wachstumsmodus der Knochen betrifft, so vermisste ich darüber die eigene Erfahrung Stieda's

1) Genetische und topographische Studien des Knochenwachstums. Unters. aus d. pathol. Institut zu Zürich. Herausg. von Eberth. 1874. 2. Heft.

ganz und gar. Er beruft sich auf Kölliker, der seiner Meinung nach den grössten Theil meiner Annahmen für irrig und nicht stichhaltig erklärt hat. Dieser Umstand scheint meinem Kritiker sehr schwer zu wiegen und jede weitere Beobachtung auszuschliessen: der von mir beschriebene Wachsthumsmodus der Knochen sei schon widerlegt, aus der Welt geschafft, »mort et enterré«; es bleibt also nichts weiter übrig, als ein kurzes Requiem zu sprechen, welches ja den Inhalt des letzten Kapitels der Stieda'schen Mittheilung ausmacht.

Am Schlusse seiner Schrift sagt Stieda, dass meine Untersuchungen nur dazu dienen werden, die Lehre von der Knochenresorption zu befestigen. »Und dass erneute Studien auf diesem Gebiet auch Str. zur Ueberzeugung der Existenz einer normalen Knochenresorption führen werden, das hoffe ich (S. 263).« Anstatt auf die Zukunft zu hoffen, wäre es ganz zweckmässig noch gegenwärtig überzeugende Beweise für seine Behauptungen anzuführen; das Hoffen ist aber manchmal ein böses Ding: »chi vive di speranza morra di fama,« sagen die Italiener. — Ich werde also so lange das ungleichmässige Wachsthum als formbildendes Princip der Knochen betrachten, bis die Hoffnungen Stieda's ihre Realisirung gefunden haben.

Charkow, im Mai 1875.