

## VI.

## Ueber das Wachsthum der Diaphysen der Röhrenknochen des Menschen während des intrauterinen Lebens.

Ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte des Knochensystems.

Von Prof. Dr. Leonard Landois in Greifswald.

(Hierzu Taf. VI—VIII.)

Die Entwicklung des Knochensystems des Menschen hat seit früher Zeit die Aerzte und Naturforscher vielfach beschäftigt. Abgesehen von einigen Einzelbeobachtungen des Hippocrates, Aristoteles und Celsus legte Galen zuerst das Verhältniss zwischen Epiphyse und Apophyse klar dar: „Epiphysis est ubi os cum osse ad unionem coit; apophysis vero totius ossis pars est.<sup>1)</sup> Die Araber trugen Nichts zur Aufklärung bei; erst unter den Zeitgenossen und Schülern des Vesalius gab sich neues Streben kund. Jacob Sylvius<sup>2)</sup> theilte die Knochen in sechs Abtheilungen nach der Zahl ihrer Epiphysen, Eustachius<sup>3)</sup> lehrte die Verknöcherung des Sternums, Ingrassias<sup>4)</sup> zählte hereits 331 Epiphysen am Körper. Fallopia<sup>5)</sup> fasste die vorhandenen Thatsachen zusammen und bereicherte die Lehre durch manche namentliche Entdeckung; seinem Beispiele folgte mit vielem Glücke sein Schüler Volcher Coiter<sup>6)</sup>.

In Frankreich studirte Riolan<sup>7)</sup>, der bekannte Gegner Harvey's, die Entwickelung des Knochensystems vom ersten Entstehen bis zum siebenten Lebensjahre, während Eysson, Prosector der Akademie zu Groningen, die Arbeiten Volcher Coiter's aufnahm

<sup>1)</sup> Galenus de ossibus ad tirones liber, introduct.

<sup>2)</sup> Opera medica cet. Genève 1630.

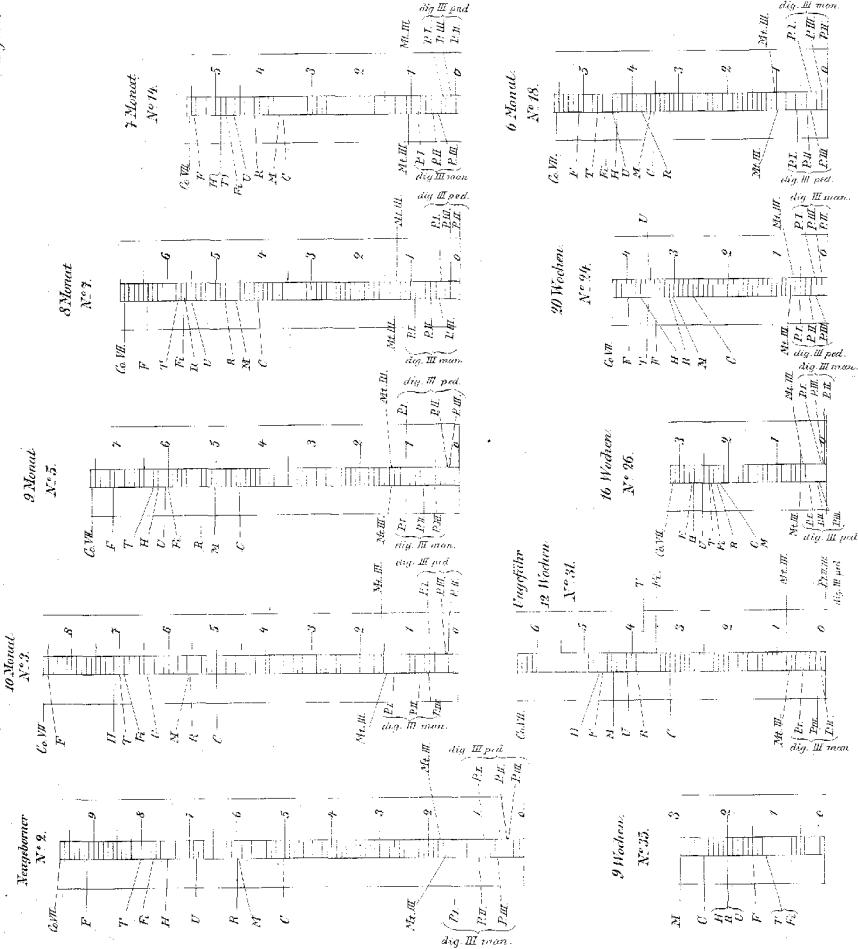
<sup>3)</sup> Opusc. anatomic. Venetiis 1574.

<sup>4)</sup> Commentarius in Galeni librum de ossibus. Messinae 1603.

<sup>5)</sup> Opera omnia etc. Francofurti 1600.

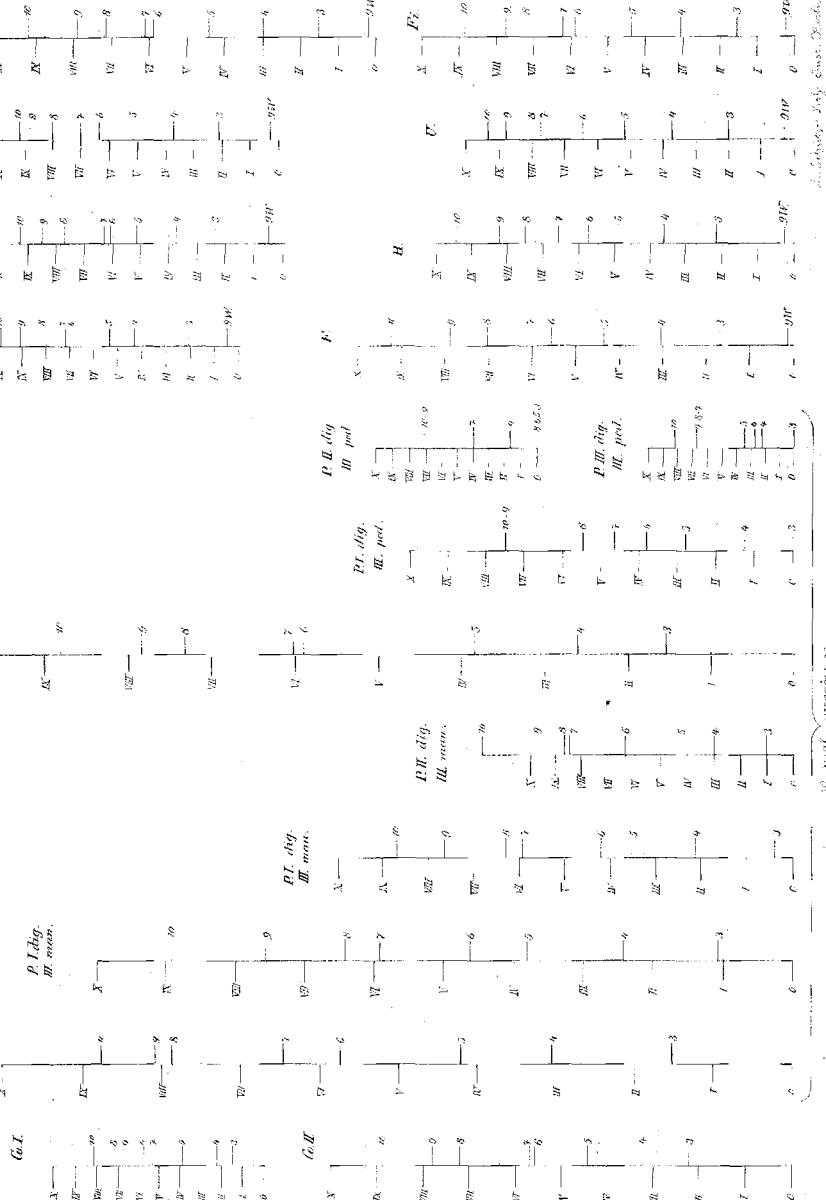
<sup>6)</sup> De ossibus infantis etc. 1659.

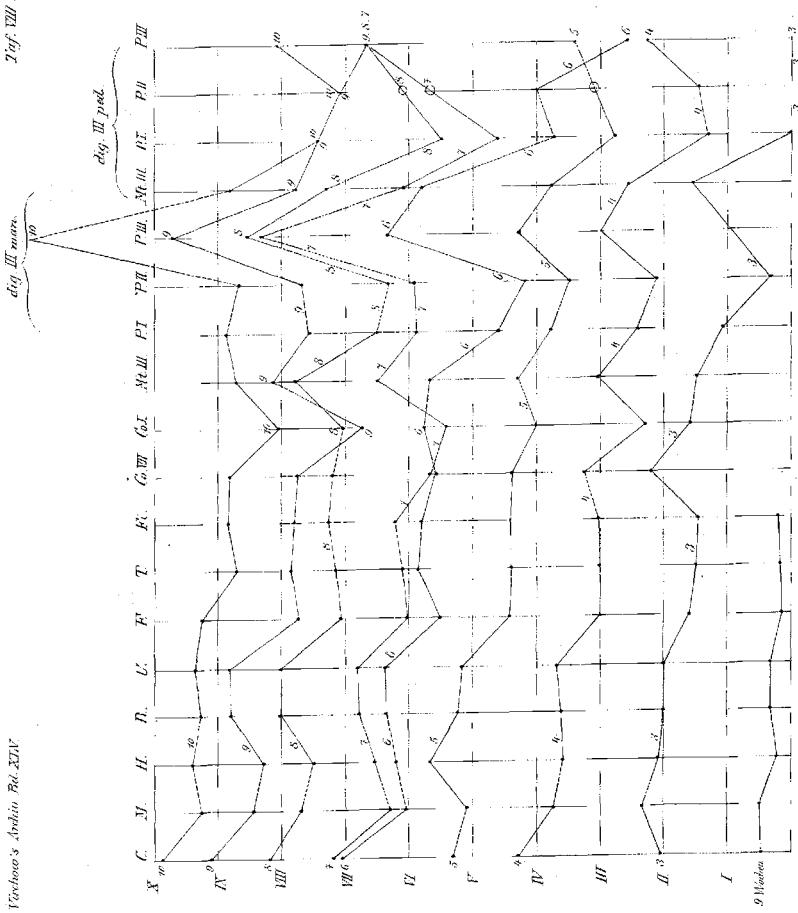
<sup>7)</sup> Manuel anatomique et pathologique etc.



MEANING

1





und vervollständigte. Auch die Schriften von Adrian Spigel<sup>1)</sup> und Th. Kerckring<sup>2)</sup> geben neue Beiträge zur Kenntniss der einzelnen Entwickelungsphasen des menschlichen Skelets. Weiterhin verdienen bemerkt zu werden die Arbeiten von Ungebauer, Berlin, Reichel, Senff, Spix, Meckel, M. J. Weber, Béclard und Serres. Aber auch die grossen Förderer der Entwicklungsgeschichte lieferten viele bedeutsame Aufschlüsse: Döllinger, Pander, Valentin, C. E. v. Bär, Velpeau, Rathke, Bischoff, Reichert, Coste, Remak, Kölliker und Virchow.

Es ist einleuchtend, dass bei so zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiete der Entwicklung der Knochen sich bald verschiedentliche Gesichtspunkte und Fragen herausstellten, welche von den einzelnen Forschern vornehmlich bearbeitet wurden. Einmal war es die Form und Grösse der Knochen, welche in den verschiedenen Entwickelungsphasen bestimmt werden sollte, eine Aufgabe, welche vornehmlich den Anatomen und den Forschern der Entwicklungsgeschichte zufiel; zugleich wurde von diesen die Bildung der Knochenkerne und der Epiphysen studirt.

Eine zweite Reihe von Forschern wandte sich lediglich der Frage zu, in welcher Weise der Knochen wachse, ob durch Apposition, oder durch Intussusception oder durch beide Prozesse zugleich, eine Frage, welche trotz der vielen Experimentaluntersuchungen und Forschungen von Du-Hamel, Bernh. Heine, Serres, Doyère, Flourens, Humphry, Virchow, Volkmann, Uffelmann, Ollier, Hüter, Jul. Wolff, v. Langenbeck u. A. noch nach vielen Seiten hin als eine offene zu betrachten ist.

Eine dritte Reihe von Forschern untersuchte die histologischen Vorgänge, wie der Knochen aus dem hyalinen Knorpel und dem Bindegewebe hervorgehe, und im Anschlusse daran, wie die Verknöcherung der Sehnen bei den Vögeln und die Entwicklung der Geweih der Cervinen vor sich gehe und endlich wie sich die histologischen Elemente bei den Krankheiten der Knochen, namentlich bei der Rachitis sich verhalten. Hier scheint durch die Arbeiten von Virchow, Kölliker, Lieberkühn, H. Müller,

<sup>1)</sup> *Anatomia Spigelii Bruxellensis* 1645.

<sup>2)</sup> *Specilegium anatomicum, nec non osteogenia foetuum* 1670.

Lessing, Gegenbaur, Waldeyer und mir, trotz der anfänglichen vielfältigen Widersprüche, endlich eine Gleichheit der Anschauungen in allen wesentlichen Punkten erreicht zu sein.

Endlich ergab sich noch eine vierte Richtung, nach welcher hin die Entwicklung der Knochen verfolgt werden konnte: die experimentell-praktische, und es lag nahe, dass sich vornehmlich die Chirurgen nach dieser Richtung hin thätig erwiesen. Die Periostverpflanzungen von Ollier, Buchholz u. A., sowie die Benutzung des Periostes bei plastischen Operationen wie sie v. Langenbeck, Simon, Bardeleben und andere namhafte Chirurgen mit so vielem Glück angewandt haben, die subperiostalen Resektionen ferner und die Methode der Ausbohrung kranker Knochen haben der praktischen Chirurgie schon jetzt grosse Erfolge zugesichert.

Diese wenigen Bemerkungen mögen genügen, um die vielfältigen und umfassenden Forschungen in aller Kürze zu skizziren, welche auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte der Knochen ausgeführt wurden. Und noch bedürfen viele Punkte der Aufklärung und Lösung. Ich hoffe daher, dass dieser Beitrag nicht unwillkommen sein werde.

Während ich in meinen früheren Arbeiten <sup>1)</sup> die Entwicklung der Knochen vom rein histologischen Standpunkte aus verfolgt habe, habe ich mir in der vorliegenden Abhandlung die Aufgabe gestellt, das Längenwachsthum der Diaphysen der Röhrenknochen des menschlichen Skelets während des intrauterinen Lebens zu erforschen. Um hierüber Aufschluss zu erlangen, war es nothwendig, zu ermitteln, wie sich ein jeder der besagten Knochen während der verschiedenen Zeitabschnitte des Fruchtlebens rücksichtlich seiner Länge verhalte, ob er von seinem Entstehen an bis zur Geburtsreife in gleichen Zeitläufen gleiche Strecken in seiner Länge wachse. Es musste ferner constatirt werden, ob die einzelnen Knochen des Skelets sich nach dieser Hinsicht hin

<sup>1)</sup> Landois, Ueber den Ossificationsprozess (Ossificat. d. hyalinen Knorpels; — periostale Verknöcherung). Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1865. No. 18. — Ueber die Ossification der Geweih. Ebendorf 1865. No. 16. — Ueber die Ossification der Sehnen. Ebendorf 1865. No. 32. — Untersuchungen über die Bindesubstanz und den Verknöcherungsprozess derselben. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XVI. 1866. Hft. 1.

gleich verhalten, oder ob ein Unterschied vorwalte, und wodurch letzterer bedingt sei.

Dass hier eigenthümliche und interessante Resultate zu erwarten waren, zeigte schon allein die Angabe J. F. Meckel's<sup>1)</sup>), dass das Schlüsselbein des Menschen in der Mitte des zweiten Monats des Fruchtlebens viermal grösser sei als der Oberschenkel- und Oberarmknochen, — dass dasselbe im Anfange des dritten Monats noch doppelt so gross sei, als die letztbesagten grossen Röhrenknochen, und dass es selbst am Ende des dritten Monats noch grösser sei, als jene. Und doch ist wiederum dasselbe Schlüsselbein am Ende des fötalen Lebens um 24 Mm. kürzer als das Oberarmbein ( $52\frac{2}{3}$  Mm. — 78 Mm.) und das Oberschenkelbein ist fast doppelt so gross als jenes (97 Mm. —  $52\frac{2}{3}$  Mm.).

Die von mir gestellte Aufgabe konnte nur dann gelöst werden, wenn eine grosse Anzahl von Messungen an Skeletonen der verschiedenen Fötalperioden gemacht wurde, aus deren Zusammenstellung eine Uebersicht entspringen konnte. Das Material hierzu wurde mir durch die Güte des Hrn. Geheimraths Prof. Dr. Budge aus der hiesigen anatomischen Sammlung überlassen. Es dienten mir hierzu 33 Skelete, von denen zwei reifen Früchten angehörten, die übrigen sämmtlich der fötalen Periode. Ausserdem wurden für die ersten Stadien nicht skeletirte Embryonen untersucht. So war es möglich 1775 einzeln verzeichnete Knochenmessungen vorzunehmen.

Es wurden von den Knochen des Skeletes gemessen: die Clavicula, der Humerus, Radius, die Ulna, die Metacarpalknochen die Phalangen der Finger, das Femur, die Tibia, Fibula, die Metatarsalknochen, die Phalangen der Zehen, die erste, siebente und zwölftes Rippe, der Unterkiefer und zwar von der Kinnmitte bis zum Angulus, vom Angulus bis zur Spitze des Processus condyloideus, desgleichen bis zur Spitze des Processus coronoideus, ferner von der Kinnmitte bis zur Spitze des Processus coronoideus, desgleichen bis zur Spitze des Processus condyloideus. — Alle Maasse in Millimetern. — Ich habe alle Messungen in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt, über welche ich zuvor noch Folgendes bemerken will.

<sup>1)</sup> Handbuch der menschlichen Anatomie 2. Bd. Halle Berlin 1816.

Die Messungen erstrecken sich auf die Skelete zweier Neubornen (No. 1 und 2) einer Frucht aus dem 10. Monate (No. 3), drei aus dem 9. Mon. (No. 4—6), drei aus dem 8. Mon. (No. 7—9), fünf aus dem 7. Mon. (No. 10—14), vier aus dem 6. Mon. (No. 15—18), einer aus der 22. Woche (No. 19), vier aus der 21. Woche (No. 20—23), einer aus der 20. Woche (No. 24), einer aus der 19. Woche (No. 25), einer aus der 16. Woche (No. 26), einer aus der 15. Woche (No. 27), einer aus der 14. Woche (No. 28), einer aus der 13. Woche (No. 29), zwei aus der 12. Woche (No. 30, 31), zwei aus der 11. Woche (No. 32, 34), einer aus der 10. Woche (No. 33), einer aus der 7. Woche (No. 35). Den einzelnen Skeletten ist zunächst das Längenmaass des gesammten Skeletes vorangestellt, doch ist hier zu bemerken, dass diesen Zahlen offenbar das Missliche anhaftet, dass die Skelete beim Aufstellen mitunter etwas über das Maass in die Länge gezogen, mitunter etwas zu sehr zusammengeschoben werden. Es ist dies bei den lockeren Verbindungen der Knochen und bei dem Mangel oder der grossen Weichheit der Epiphysen gar nicht zu umgehen. Ueberdies haben für unseren speziellen Zweck die Längenmaasse der ganzen Skelete keinen besonderen Werth. Dasselbe gilt von den Messungen der Länge der Hand vom unteren Rande des Radius bis zur Spitze des Mittelfingers, desgleichen von der Basis des dritten Mittelhandknochens bis zur Spitze des Mittelfingers, endlich von der Messung der Länge des Fusses von der Basis des Os metatarsi III bis zur Spitze der Mittelzehe.

In Betreff der gebogenen und krummen Knochen habe ich daran festgehalten, dieselben in ihrer ganzen Länge, dem Knochen entlang, zu messen. Für die Rippen hat Béclard und nach ihm A. Rambaud und Ch. Renault sich damit begnügt, den Abstand der beiden Enden, also die Sehnen der Rippenbögen, — (Cordes des côtes) — zu messen. Ich halte diese Art zu messen für sehr unzuverlässig, da es sehr leicht möglich ist, dass bei dem Trocknen des Skeletthorax die Rippen ihre Biegung, wie sie dieselben im frischen Zustande besitzen, vergrössern oder verkleinern, wodurch jede Messung illusorisch wird. Ich habe stets die Rippen selbst gemessen, in gleicher Weise auch die sformig gebogene Clavicula, bei letzterem Knochen aber auch zugleich den Abstand der beiden Enden. Schliesslich sei noch bemerkt, dass wir bei unseren





Messungen nur die Diaphysen, nicht die Epiphysen berücksichtigt haben.

Wir lassen nunmehr in tabellarischer Uebersicht unsere Messungen folgen. Wir behandeln zunächst:

I.

Die absolute Grösse der Diaphysen der Röhrenknochen  
in den verschiedenen Monaten des intrauterinen  
Lebens. (Taf. VI—VII.)

Ich beginne die Besprechung der absoluten Grösse der Diaphysen mit der Aufstellung der tabellarischen Uebersicht meiner Messungen (siehe die Tabelle).

Betrachten wir nun nach der Zusammenstellung der Messungen die einzelnen Knochen in ihrer Entwicklung etwas genauer.

1) Das Schlüsselbein, welches ähnlich wie die Deckknochen des Schädels sich entwickelt, indem dasselbe, wie zuerst C. Bruch nachgewiesen, weder knorpelig noch auch vollständig weich vorggebildet ist, sondern sogleich aus einer kleinen weichen Anlage in den knöchernen Zustand übertritt, ist einer der erst entwickelten Knochen des Skelets, ja Kerckring und Heister hielten es für den ersten. Die Grösse, in welcher der Knochen in der ersten Zeit seines Entstehens erscheint, scheint einigen Schwankungen zu unterliegen. Schon in der 7. Woche beginnt der Knochen sich zu entwickeln und erreicht bald eine bedeutende Grösse. Nach Rambaud und Renault<sup>1)</sup> erscheint die weiche Anlage schon gegen Ende der 4. Woche als röthlicher Knorpel (?) von 4 Mm. Länge mit einer Reihe kleinsten Knochenkörnchen besetzt, die sich bald rinnenförmig vereinigen. J. F. Meckel gibt an, dass die Clavicula um die Mitte des 2. Monats fast 3 Linien lang sei, viermal grösser als der Humerus und das Femur, dass dieselbe ferner am Anfange des 3. Monats noch doppelt so gross sei, als die letztnenannten Knochen und auch am Ende des 3. Monats dieselbe noch an Grösse übertreffe. Und doch sei im reifen Fötus der Knochen um  $\frac{1}{4}$  kürzer, als der Humerus. Rambaud und Renault fanden die Clavicula im 2. Monate 1 Cm. lang, im 3. Mon. 16 Mm., im 4. Mon. 26 Mm., im 6. Mon. 33 Mm., im 9. Mon. endlich 40 Mm. lang. Ich

<sup>1)</sup> Origine et développement des os. Paris 1864. S. 191.

fand das Schlüsselbein in der 9. Woche doppelt so lang als Tibia und Fibula, seine Länge verhielt sich zu der des Femur wie 5:3, zu der des Humerus, Radius und der Ulna wie 5:4. Der Unterkiefer, von der Mittellinie bis zur Spitze des Processus condyloideus übertrifft die Clavicula, indem die Länge des ersteren sich zu dieser verhält wie 6:5. In der 12. Woche haben die Röhrenknochen der oberen und unteren Extremität die Grösse der Clavicula bereits überholt.

2) Der Oberarm zeigt in der Mitte seiner knorpelig präformirten Diaphyse in der 8. oder 9. Woche in der Regel den Beginn der Ossification; nach Rambaud und Renault soll sich die erste Spur der beginnenden Verknöcherung bereits am 35. Tage zeigen. Nach J. F. Meckel ist die Länge des Knochens am Ende des 2. Monats 1 Linie. Die vorgenannten Forscher geben ferner an, dass der Humerus am 45. Tage eine Totallänge von  $7\frac{1}{3}$  Mm., einen Knochenkern von 2 Mm. habe, weiterhin im 3. Monat eine verknöcherte Stelle von 15—20 Mm.; im 4. Monat sei die Totallänge des Knochens 30—35 Mm., im 5. Monat sei diese 40—45 Mm., der mittlere Knochenkern 26 Mm., im 8. Monate habe letztere eine Ausdehnung von 40 Mm. genommen; beim Neugeborenen endlich fanden sie die Totallänge des Knochens 65—80 Mm., Uffelmann die Diaphyse 63 Mm. — Die Resultate meiner Messungen sind in der Tabelle übersichtlich verzeichnet worden. In der 9. Woche ist die Clavicula noch länger als der Humerus, die Länge des letzteren verhält sich zu derjenigen jener, wie 4:5. Um dieselbe Zeit ist der Oberarmknochen noch länger als das Femur, beide verhalten sich wie 4:3 —; zur Tibia und Fibula verhält sich der Humerus sogar wie 8:5. Die Mandibula übertrifft ihn jedoch mit einer Länge entsprechend dem Verhältnisse 3:2.

Gegen die 12. Woche ist der Humerus der grösste aller Extremitäten-Röhrenknochen, er übertrifft ausserdem sogar die Mandibula. In der 16. Woche hat ihn jedoch das Femur schon um  $\frac{1}{3}$  Mm. überholt, in der 20. Woche schon um  $2\frac{2}{3}$  Mm. Weiterhin im 6. Monat sind auch Tibia und Fibula ihm an Grösse vorausgeeilt.

3) Die beiden Vorderarmknochen zeigen den Beginn der Verknöcherung im 2. und 3. Monate. Rambaud und Renault fanden die Länge der Knochen am 45. Tage in toto 5 Mm., während die verknöcherte Stelle allein nur 2 Mm. maass. Im 4. Monate

hat die Ulna nach diesen Forschern eine Totallänge von 30—35 Mm., einen Knochenkern von 25. Mm., im 8. Monate misst sie 45 Mm., ihr Knochenkern 35 Mm., im 10. Monate ist ihre Totallänge 55—60 Mm. Der Radius hingegen soll im 3. Monate einen Knochenkern von 10 Mm. haben, im 4. Monate misst seine Diaphyse 16 Mm., im 7. Monat 33 Mm., beim Neugeborenen 43—48 Mm., während die Totallänge 45—50 Mm. ist. Uffelmann gibt die Länge des Radius beim Neugeborenen auf 52 Mm. an, die der Ulna auf 55 Mm.

Ich finde die beiden Vorderarmknochendiaphysen in der 9. Woche von gleicher Länge mit der des Humerus. In der 12. Woche ist die Ulna bereits länger als der Radius und bleibt es von dieser Zeit an stets so. Tibia und Fibula sind noch kleiner als der Radius. In der 16. Woche sehe ich die beiden Unterschenkelknochen bereits länger geworden als der Radius, aber sie sind noch kürzer als die Ulna. Noch ist es so in der 20. Woche; im 6. Monate aber finden wir schon die Ulna kürzer als Fibula und Tibia.

4) Die Metakarpalknochen zeigen im 3. Monate Verknöcherung in den Diaphysen. Nach Renault und Rambaud sind die Mittelhandknochen am Ende des 3. Monats lang: 3,5. 3,5. 3. 2,5—3 Mm. vom Zeigefinger bis zum kleinen gezählt. Nach J. F. Meckel soll sich die Verknöcherung im Anfange des 3. Monats zuerst zeigen im Index-Metacarpus, dann in dem des Mittelfingers und so fort bis zum kleinen Finger. Meine Messungen geben Uebersicht über die Grössenverhältnisse aller Mittelhandknochen in den verschiedenen Monaten des Fötallebens. Die überwiegende Grösse des 2. und 3. Metacarpus stellt sich schon sehr bald, in der 11. und 12. Woche heraus. Bis zur 20. Woche misst der Metacarpus des Mittelfingers fast stets constant  $\frac{1}{3}$  der Länge der Ulna; im 6. Monat ist die Ulna 4,5 mal so lang als er, im 7. Monat 4,3 mal so lang, im 8. Monat 3,3 mal, im 9. Monat 4,3 mal, im 10. Monat 4,3 mal, bei der Geburt 4 mal.

5) Die Phalangen der Finger verknöchern am Ende des dritten Monats. Zuerst erscheinen die Knochenpunkte in der ersten Reihe; in der ersten Zeit der Ossification ist der Knochenkern der letzten Phalangen grösser, als der der zweiten Reihe. Aber dieses Verhältniss ändert sich bald und schon von 16 Wochen an erscheinen die Phalangen am grössten in der ersten, kleiner in der zweiten, am kleinsten in der dritten Reihe. Hierdurch unterscheiden sie sich

von den Phalangen der Zehen, die selbst noch im 8. Monate die Nagelglieder als die zweitgrössten Phalangen darbieten. Besonders ist das ausserordentlich starke Wachsthum der Nagelphalangen seit dem 7. Monate zu bemerken, so dass z. B. die Endphalange des Mittelfingers in den letzten 4 Monaten des Fruchtlebens zu den relativ grössten aller Knochen gehört.

6) Das Femur zeigt die erste Anlage des Diaphysenkernes am Ende des 2. Monats. Nach Rambaud und Renault ist er sogar der erste unter allen Extremitätenknochen, welche eine Verknöcherung zeigt, einige Tage eher als der Humerus. Gegen den 45. Tag hat er eine Gesammtausdehnung von 8 Mm. mit einem Knochenpunkt von 2—3 Mm. Länge. Ich finde den letzteren in der 9. Woche 1,5 Mm. lang. Offenbar aber geht Béclard zu weit, wenn er ihn 5 Mm. lang sein lässt. Nach Renault und Rambaud ist die Diaphyse im 2. Monate 13 Mm. lang — (nach Béclard sogar 16 Mm., was wieder zu hoch gegriffen ist) —, am Ende des 3. Monats 22 Mm., im 4. Monate 28—30 Mm. bei einer Totallänge von 35—40 Mm. Béclard lässt die Diaphyse um diese Zeit 32 Mm. lang sein, — wiederum zu hoch angegeben. Für den 5. Monat geben die beiden französischen Forscher eine Diaphysenlänge von 40 Mm. an, für den 6. Monat von 49—50 Mm., womit meine Messungen ziemlich genau übereinstimmen. Im 7. Monat notiren sie eine Länge der Diaphyse von 50—60 Mm. bei einer Totallänge von 70—80 Mm., im 9. Monat sind die entsprechenden Zahlen 70—75 Mm. und 85—90 Mm. In der 9. Woche ist nach meinen Untersuchungen das Femur der drittkleinste Röhrenknochen. In der 12. Woche ist er aber schon so gewachsen, dass er der drittgrösste ist und von der 16. Woche ist er (mit Ausnahme der Rippen) bereits der grösste aller Knochen, um es auch durch alle Entwickelungsphasen zu bleiben. Freilich, was seine relative Grösse anbetrifft, so bleibt er noch hinter den Röhrenknochen der oberen Körperhälfte zurück; (siehe unten).

7) In den Unterschenkelknochen zeigt sich im Anfange des 3. Monats zuerst die Anlage des Diaphysenkernes (Kölliker). Nach Renault und Rambaud fängt hingegen die Verknöcherung der Tibia schon bald nach der des Femur an, am 40. oder 45. Tage, etwas vor der der Fibula. Gegen  $1\frac{1}{2}$  Monat soll der Knochenkern schon 2—3 Mm. lang sein, im 2. Monat die Totallänge der Tibia 25—30 Mm.

Im 5. Monate notiren sie eine Länge des Knochenkerns von 35 Mm., im 9. Monat von 55—60 Mm. bei einer Totallänge von 70—75 Mm. Bei der Fibula beobachtet man gegen den 45. Tag die allererste, kaum erkennbare Spur vom Diaphysenkern. Die beiden französischen Gelehrten geben noch folgende Maasse an: Im 2. Monate ist die Gesamtlänge 13 Mm. Im 3. Monate Gesamtlänge von 20 bis 25 Mm., Länge des Knochenkerns 15—18 Mm. Im 4. Monate sind die entsprechenden Zahlen 30—35 Mm. und 25—28 Mm., für den 9. Monat 70—75 Mm. und 50—60 Mm.

Ich finde in der 9. Woche die beiden Unterschenkelknochen als die zwei kleinsten Röhrenknochen des Skelets (mit Ausnahme der Rippen). In der 12. Woche haben sie die Clavicula bereits an Grösse übertroffen, stehen aber noch hinter den Vorderarmknochen zurück. In der 16. Woche haben ihre Diaphysen auch die des Radius und der Mandibula schon übertroffen, aber die Ulna ist noch grösser. In der 20. Woche sind sie noch kürzer als der Humerus; erst im 6. Monat erlangen sie ihre absolute Grösse, sich dem Femur unmittelbar anschliessend. Hin und wieder kann aber selbst bis in den 10. Monat hinein die Diaphyse des Humerus die des einen oder anderen Unterschenkelknochens noch an Länge übertreffen, am häufigsten die der Perone.

8) Die Metatarsalknochen beginnen ihre Verknöcherung um den 40.—45. Tag, um welche Zeit man nach Renault und Rambaud in einem jeden einen kleinen Knochenpunkt erkennen kann. Ich finde, dass die Metatarsalknochen von der 12. Woche an bis zum Ende des Fötallebens fast constant gleich gross sind wie die Metakarpalknochen, abgesehen von einigen Abweichungen.

9) Die Zehenphalangen. Wenn Renault und Rambaud angeben, dass schon am 45. Tage die Ossification in den ersten und zweiten Phalangen sich zeige, so ist das wohl nur ausnahmsweise der Fall. Nach meinen Beobachtungen ist in der 12. Woche noch nichts davon zu sehen; erst in der 16. Woche sah ich in allen drei Gliedern unzweifelhafte Knochenpunkte. Bis zum 10. Monate hin war die dritte Phalanxdiaphyse stets grösser, als die zweite, und die erste, die grösste unter den dreien, noch kleiner, als die der Nagelglieder der Finger. Beim Neugebornen fand ich die Diaphyse der ersten Phalanx grösser, als die des Nagelgliedes der Hand und die der dritten Phalanx der Zehen kleiner, als die

der zweiten. Die Zehenphalangen sind somit fast das ganze Fötalleben hindurch die absolut kleinsten Röhrenknochen; sie sind aber unbedingt stets die relativ kleinsten.

## II.

### Die relative Grösse der Diaphysen der Röhrenknochen in den verschiedenen Monaten des intrauterinen Lebens. (Taf. VIII.)

Zur Zeit der Geburt sehen wir am Skelete die einzelnen Knochen in einem mehr minder constanten, absoluten und relativen Grössenverhältnisse ausgebildet. Wäre das Wachsthum der Knochen, vom Beginn der Entwicklung an, ein durch alle Monate des Fruchtlebens gleichmässiges, so würden die Knochen im ersten Monate das erste Zehntel ihrer ganzen Länge wachsen, im zweiten das zweite, am dritten das dritte, und so weiter — und am Ende des 10. Schwangerschaftsmonates hätten die Knochen alle ihre Vollendung erlangt. Allein in dieser Regelmässigkeit wächst nicht ein einziger Knochen, die grössten Knochen beginnen ja überhaupt erst im 2. und 3. Monate ihre Verknöcherung, ja manche zeigen im 3. Monate noch nichts von beginnender Ossification. Es ist nicht ohne Interesse die zeitlichen Verhältnisse mit den Grössenverhältnissen zu vergleichen.

So sehen wir z. B. dass manche Knochen in bestimmten Zeitpunkte ihr Maass im Wachsthum gleichsam schon überschritten haben, während andere zur selbigen Zeit es noch lange nicht erreicht haben. Ich will ein Beispiel wählen: im 6. Monate ( $\frac{6}{10}$  der Zeit) hat die Mandibula gerade  $\frac{6}{10}$  ihrer Länge durchwachsen, die Clavicula ist relativ viel grösser, sie hat bereits  $\frac{7}{10}$  erreicht, dagegen die letzte Phalanx der mittleren Zehe hat noch nicht das  $\frac{3}{10}$  erreicht. — Ich habe die relativen Grössen der Diaphysen der Röhrenknochen in den verschiedenen Monaten des Fötallebens in Taf. VIII übersichtlich zusammengestellt.

Besonders interessant ist die Zusammenstellung und Vergleichung der relativen Grösse der Diaphysen mit der absoluten in den einzelnen Monaten des Fruchtlebens.

## 9. Woche.

Ordnung der Diaphysen nach ihrer

## 1) absoluten Grösse. 2) relativen Grösse.

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1. Mandibula. | 1. Mandibula. |
| 2. Clavicula. | 2. Clavicula. |
| 3. Humerus.   | 3. Ulna.      |
| 4. Radius.    | 4. Radius.    |
| 5. Ulna.      | 5. Humerus.   |
| 6. Femur.     | 6. Fibula.    |
| 7. Tibia.     | 7. Tibia.     |
| 8. Fibula.    | 8. Femur.     |

## 12. Woche.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Costa 7.            | 1. Mandibula.      |
| 2. Humerus.            | 2. Costa.          |
| 3. Femur.              | 3. Clavicula.      |
| 4. Mandibula.          | 4. Humerus.        |
| 5. Ulna.               | 5. Radius.         |
| 6. Radius.             | 6. Ulna.           |
| 7. Tibia.              | 7. Femur.          |
| 8. Fibula.             | 8. Costa I.        |
| 9. Clavicula.          | 9. Tibia.          |
| 10. Metatars. III.     | 10. Fibula.        |
| 11. Metacarp. III.     | 11. Metatars. III. |
| 12. Phal. I. } digits  | 12. Metacarp. III. |
| 13. Phal. III. } III.  | 13. Phal. I. m.    |
| 14. Phal. II. } manus. | 14. Phal. III. m.  |
|                        | 15. Phal. II. m.   |

## 16. Woche.

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. Costa 7.        | 1. Clavicula.     |
| 2. Femur.          | 2. Mandibula.     |
| 3. Humerus.        | 3. Ulna.          |
| 4. Ulna.           | 4. Radius.        |
| 5. Tibia.          | 5. Humerus.       |
| 6. Fibula.         | 6. Costa 7.       |
| 7. Radius.         | 7. Fibula.        |
| 8. Clavicula.      | 8. Metacarp. III. |
| 9. Mandibula.      | 9. Femur.         |
| 10. Metacarp. III. | 10. Tibia.        |

## 1) absolute Grösse. 2) relative Grösse.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 11. Metatars. III.     | 11. Phal. III. m.  |
| 12. Phal. I. } digitii | 12. Metatars. III. |
| 13. Phal. II. } III.   | 13. Phal. I. m.    |
| 14. Phal. III. } manus | 14. Costa I.       |
| 15. Phal. I. } digitii | 15. Phal. II. m.   |
| 16. Phal. III. } III.  | 16. Phal. III. p.  |
| 17. Phal. II. } pedis. | 17. Phal. II. p.   |
|                        | 18. Phal. I. p.    |

## 20. Woche.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Costa 7.            | 1. Humerus.        |
| 2. Femur.              | 2. Clavicula.      |
| 3. Humerus.            | 3. Radius.         |
| 4. Tibia.              | 4. Ulna.           |
| 5. Ulna.               | 5. Mandibula.      |
| 6. Fibula.             | 6. Fibula.         |
| 7. Radius.             | 7. Costa VII.      |
| 8. Mandibula.          | 8. Femur.          |
| 9. Clavicula.          | 9. Tibia.          |
| 10. Metacarp. III.     | 10. Phal. III. m.  |
| 11. Metatars. III.     | 11. Metacarp. III. |
| 12. Phal. I. m.        | 12. Costa I.       |
| 13. Phal. II. m.       | 13. Metatars. III. |
| 14. Phal. I. p.        | 14. Phal. I. m.    |
| 15. Phal. III. m.      | 15. Phal. II. m.   |
| 16. Phal. III. p.      | 16. Phal. III. p.  |
| 17. Phal. II. p. == 0. | 17. Phal. II.      |
|                        | 18. Phal. I. p.    |

## 6. Monat.

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| 1. Costa 7.   | 1. Clavicula.     |
| 2. Femur.     | 2. Radius.        |
| 3. Tibia.     | 3. Ulna.          |
| 4. Fibula.    | 4. Phal. III. m.  |
| 5. Ulna.      | 5. Humerus.       |
| 6. Humerus.   | 6. Mandibula.     |
| 7. Radius.    | 7. Tibia.         |
| 8. Mandibula. | 8. Fibula.        |
| 9. Clavicula. | 9. Metatars. III. |

1) absolute Grösse.	2) relative Grösse.
10. Metatars. III.	10. Costa I.
11. Metacarp. III.	11. Metacarp. III.
12. Phal. I. m.	12. Costa 7.
13. Phal. II. m.	13. Femur.
14. Phal. III. m.	14. Phal. I. m.
15. Phal. I. p.	15. Phal. II. m.
16. Phal. III. p.	16. Phal. II. p.
17. Phal. II. p.	17. Phal. I.
	18. Phal. III. p.

## 7. Monat.

1. Costa 7.	1. Phal. III. m.
2. Femur.	2. Clavicula.
3. Humerus.	3. Ulna.
4. Tibia.	4. Radius.
5. Fibula.	5. Phal. III. p.
6. Ulna.	6. Metacarp. III.
7. Radius.	7. Humerus.
8. Mandibula.	8. Fibula.
9. Clavicula.	9. Tibia.
10. Metatars. III.	10. Metatars. III.
11. Metacarp. III.	11. Mandibula.
12. Phal. I. m.	12. Femur.
13. Phal. II. m.	13. Phal. II. m.
14. Phal. III. m.	14. Phal. I. m.
15. Phal. I. p.	15. Costa 7.
16. Phal. III. p.	16. Costa I.
17. Phal. II. p. = 0.	17. Phal. II. p.

## 8. Monat.

1. Costa 7.	1. Phal. III. m.
2. Femur.	2. Clavicula.
3. Tibia.	3. Ulna.
4. Fibula.	4. Radius.
5. Humerus.	5. Metacarp. III.
6. Ulna.	6. Mandibula.
7. Radius.	7. Humerus.
8. Mandibula.	8. Metatars. III.
9. Clavicula.	9. Fibula.

## 1) absolute Grösse. 2) relative Grösse.

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 10. Metacarp. III.    | 10. Costa 7.      |
| 11. Metatars. III.    | 11. Tibia.        |
| 12. Phal. I. m.       | 12. Femur.        |
| 13. Phal. II. m.      | 13. Costa I.      |
| 14. Phal. III. m.     | 14. Phal. III. p. |
| 15. Phal. I. p.       | 15. Phal. I. m.   |
| 16. Phal. III. p.     | 16. Phal. II. m.  |
| 17. Phal. II. p. = 0. | 17. Phal. I. p.   |

## 9. Monat.

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. Costa 7.        | 1. Phal. III. m.   |
| 2. Femur.          | 2. Clavicula.      |
| 3. Tibia.          | 3. Ulna.           |
| 4. Humerus.        | 4. Radius.         |
| 5. Ulna.           | 5. Mandibula.      |
| 6. Fibula.         | 6. Humerus.        |
| 7. Radius.         | 7. Metacarp. III.  |
| 8. Mandibula.      | 8. Tibia.          |
| 9. Clavicula.      | 9. Fibula.         |
| 10. Metacarp. III. | 10. Metatars. III. |
| 11. Metatars. III. | 11. Femur.         |
| 12. Phal. I. m.    | 12. Costa 7.       |
| 13. Phal. I. p.    | 13. Phal. II. m.   |
| 14. Phal. II. m.   | 14. Phal. I. m.    |
| 15. Phal. III. m.  | 15. Phal. I. p.    |
| 16. Phal. II. p.   | 16. Phal. II. p.   |
| 17. Phal. III. p.  | 17. Phal. III. p.  |
|                    | 18. Costa I.       |

## 10. Monat.

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| 1. Costa 7.   | 1. Phal. III. m.  |
| 2. Femur.     | 2. Clavicula.     |
| 3. Humerus.   | 3. Humerus.       |
| 4. Tibia.     | 4. Ulna.          |
| 5. Fibula.    | 5. Radius.        |
| 6. Ulna.      | 6. Mandibula.     |
| 7. Mandibula. | 7. Femur.         |
| 8. Radius.    | 8. Phal. I. m.    |
| 9. Clavicula. | 9. Metatars. III. |

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1) absolute Grösse. | 2) relative Grösse. |
| 10. Metatars. III.  | 10. Costa 7.        |
| 11. Metacarp. III.  | 11. Fibula.         |
| 12. Phal. I. m.     | 12. Tibia.          |
| 13. Phal. II. m.    | 13. Metacarp. III.  |
| 14. Phal. III. m.   | 14. Phal. II. m.    |
| 15. Phal. I. p.     | 15. Costa I.        |
| 16. Phal. III. p.   | 16. Phal. III. p.   |
| 17. Phal. II. p.    | 17. Phal. I. p.     |
|                     | 18. Phal. II. p.    |

Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich folgende Hauptgesichtspunkte:

- 1) Bis zum 5. Monate sind relativ die grössten Knochen
  - a) Mandibula, Clavicula,
  - b) Humerus, Ulna, Radius,
  - c) Femur, Tibia, Fibula,
  - d) Mittelhand-, Mittelfuss-Knochen,
  - e) Fingerglieder,
  - f) Zehenglieder.

Es sind also die Diaphysen der Röhrenknochen der oberen Körperteile relativ weiter im Wachsthum, als die mehr abwärts belegenen. Es hängt diese Erscheinung ganz unzweifelhaft damit zusammen, dass überhaupt alle Theile des Vorderkörpers eine lebhaftere und bedeutendere Entwicklung zeigen, als die des Unterkörpers.

2) Vom 6. Monate an bis zur Reife bleibt die Mandibula mehr zurück in ihrem Längenwachsthum, was im Zusammenhange steht mit dem Wachsthum der Zähne, dem Dickenwachsthum und der mehr winkeligen Ausbildung des Knochens. Hingegen bemerken wir von dieser Zeit an ein lebhafteres Wachsthum der Endphalangen der Finger.

3) Vom 7. Monat an sind die Endphalangen der Finger relativ die grösstentwickeltesten Knochen. Dann folgt die Clavicula; — sodann Radius und Ulna; — weiterhin mit einigen Schwankungen schliessen sich an: Humerus, Mandibula, Metacarpalknochen. Sodann kommen Tibia, Fibula, Metatarsalknochen, Femur. Dann kommen die ersten und zweiten Phalangen der Hand, endlich die Zehendphalangen.

Wir sehen somit, dass die Diaphysen der verschiedenen von

uns untersuchten Röhrenknochen unter einander im Wachsthum und in der relativen Grösse während der einzelnen Fötalzeiträume nicht unbedeutend differiren können. Wir wollen im Anschlusse hieran noch auf eine andere interessante Thatsache aufmerksam machen: Die Diaphysen der Röhrenknochen wachsen bis zum 6. Monate (exclusive) in gleichen Zeiträumen beträchtlich mehr als in der letzten Hälfte der Schwangerschaft. Das Längenwachsthum kann in der ersten Periode innerhalb einer gleichen Zeit selbst doppelt so stark sein, als in der zweiten. Bei den Phalangen der Finger und Zehen lässt sich dieses Gesetz nicht durchschlägig erkennen, weil das Wachsthum dieser Knochen überhaupt ein sehr wechselndes ist.

Dass die Diaphysen in der ersten Hälfte der Schwangerschaft viel stärker wachsen, als nachher, hängt lediglich davon ab, dass der ganze Körper in der ersten Periode viel rapider an Grösse zunimmt, als in den späteren Stadien.

#### Resumé.

Stellen wir schliesslich die Resultate unserer Untersuchungen zusammen, so ergeben sich folgende interessante Hauptsätze:

I. Bis zur 9. und 10. Woche des Fötallebens sind (ohne Berücksichtigung der Rippen) die Diaphysen an denjenigen Körpertheilen die absolut grössten, an welchen sie im reifen Skelete die kleinsten sind, und umgekehrt (ohne Berücksichtigung der Hand- und Fussknochen) an denjenigen gerade absolut die kleinsten, an welchen sie bei der Geburt die grössten sind. Die Ordnung der Knochen in dieser Periode nach ihrer absoluten Grösse ist folgende:

Mandibula	
Clavicula	
Humerus	
Radius	
Ulna	
Femur	
Tibia	
Fibula	

Um diese Zeit fällt die absolute Grösse der Diaphysen

ziemlich genau zusammen mit der relativen, so dass die absolut grösseren Knochen auch die relativ grösseren sind.

II. Mit dem 6. Monate hat sich dieses Verhältniss geändert. Von dieser Zeit an erscheinen die Knochen nach ihrer absoluten Grösse geordnet bereits gerade so, wie im Skelete des Neugeborenen. Diese Ordnung ist:

Femur,

Tibia,

Fibula,

Humerus,

Ulna,

Radius,

Mandibula,

Clavicula,

Handknochen,

Fussknochen.

Um diese Zeit verhält sich die absolute Grösse der Diaphysen (Handknochen, Fussknochen und Rippen unbeachtet) gerade umgekehrt wie die relative, so dass die absolut grösseren Knochen die relativ kleineren sind.

III. Die grossen Röhrenknochen der oberen Extremitäten sind zu allen Zeiten der Fötalperiode relativ grösser und weiter entwickelt, als die grossen Röhrenknochen der Unterextremitäten.

IV. Während der ersten Hälfte der Fötalperiode wachsen die Diaphysen der Knochen in einem gewissen Zeitabschnitte beträchtlich stärker, als während der letzten Hälfte des Fruchtlebens, selbst doppelt so stark und noch mehr.

### Erläuterung der Tafeln.

Taf. VI u. VII Uebersicht der absoluten, Taf. VIII der relativen Grösse der Diaphysen der Röhrenknochen in den verschiedenen Monaten des Fötallebens.

C	Clavicula.	Co 7	Costa septima.
M	Mandibula.	Co 1	Costa prima.
H	Humerus.	MC 3	Metacarpus tertius.
R	Radius.	P 1	Phalanx prima.
U	Ulna.	P 2	Phalanx secunda.
F	Femur.	P 3	Phalanx tertia.
T	Tibia.	MT 3	Metatarsus tertius.
Fi	Fibula.		